



TUGAS AKHIR – RC1501

**EVALUASI KAPASITAS APRON DAN RUNWAY
TERHADAP RENCANA PERPANJANGAN
RUNWAY BANDARA DJALALUDIN
GORONTALO**

OKKIE SUBIAKTA TAMA
NRP 3110 100 098

Dosen Pembimbing
Istiar, ST, MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR – RC1501

**EVALUASI KAPASITAS APRON DAN RUNWAY
TERHADAP RENCANA PERPANJANGAN
RUNWAY BANDARA DJALALUDIN
GORONTALO**

OKKIE SUBIAKTA TAMA
NRP 3110 100 098

Dosen Pembimbing
Istiar, ST, MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT – RC1501

**EVALUATION OF APRON AND RUNWAY
CAPACITY BASED OF RUNWAY EXTENSION
PROJECT DJALALUDDIN GORONTALO
AIRPORT**

OKKIE SUBIAKTA TAMA
NRP 3110 100 098

Supervisor
Istiar, ST, MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

EVALUASI KAPASITAS APRON DAN RUNWAY TERHADAP RENCANA PERPANJANGAN RUNWAY BANDARA DJALALUDIN GORONTALO

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

Bidang Studi Transportasi

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

OKKIE SUBIAKTA TAMA

NRP. 3110 100 098

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Istiar, ST. MT.

(NIP. 197711052012121001)

SURABAYA, JUNI 2015

EVALUASI KAPASITAS APRON DAN RUNWAY TERHADAP RENCANA PERPANJANGAN RUNWAY BANDARA DJALALUDIN GORONTALO

Nama: Okkie Subiakta Tama

Nrp: 3110100098

Jurusan: Teknik Sipil FTSP-ITS

Dosen Konsultasi: Istiar, ST. MT.

ABSTRAK

Gorontalo merupakan provinsi yang berkembang cukup pesat. Ini bisa dibuktikan dengan pergerakan orang yang keluar dan masuk di provinsi Gorontalo. Salah satu simpul pergerakan manusia adalah di bandara Djalaluddin Gorontalo. Untuk menampung pergerakan orang, diperlukan peningkatan fasilitas bandara. Beberapa fasilitas bandara yang harus ditingkatkan adalah perpanjangan runway. Pada perpanjangan runway akan terjadi perubahan kapasitas runway.

Studi ini akan menganalisa apakah proyek perpanjangan runway di bandara Djalaluddin dapat mencukupi peningkatan lalu lintas udara yang akan terjadi di masa mendatang. Oleh karena itu diperlukan data lalu lintas bandara saat ini dan dimensi runway dan apron dengan cara permohonan data pada instansi terkait yaitu dinas perhubungan.

Hasil studi ini didapatkan kapasitas runway tahun 2015 adalah 23 dengan pergerakan pesawat 10, pada tahun 2020 kapasitas runway 20 dengan pergerakan pesawat 17, dan pada tahun 2025 kapasitas runway 25 dengan pergerakan 28. Kapasitas taxiway adalah 60 dan masih mampu menampung pergerakan pesawat.

Kata Kunci: Gorontalo-Djalaluddin, Lalu Lintas Udara, Evaluasi Kecukupan.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

EVALUATION OF APRON AND RUNWAY CAPACITY BASED OF RUNWAY EXTENSION PROJECT DJALALUDDIN GORONTALO AIRPORT

Name: Okkie Subiakta Tama
Nrp: 3110100098

Department: Civil Engineering FTSP-ITS

Supervisor: Istiar, ST. MT.

ABSTRAK

Gorontalo is a province that is growing quite rapidly. This can be evidenced by the movement of people in and out of Gorontalo province. One of the node of people movement is at the airport Djalaluddin Gorontalo. To accommodate the movement of people, the necessary improvement of airport facilities. Some of airport facilities that should be improvement is the extension of the runway. On the extension of the runway will be increase runway capacity

This study will analyse whether the runway extension project at the airport can be sufficient for Djalaluddin airport traffic increase that will occur in the future. It is therefore necessary traffic data and dimension of the existing runway and apron, that can get from the relevant agencies is transportation agencies.

This study result obtained runway capacity in 2015 are 23 movements with 10 aircraft movements forecasting, in 2020 the capacity of runway are 20 movements with 17 aircraft movements forecasting, and in 2025 the capacity of runway are 25 movements with 28 aircraft movements forecasting. Taxiway capacity are 60 aircraft movements and still be able to accommodate aircraft movements until 2025.

Keyword: Gorontalo-Djalaluddin, Air Traffic, Evaluation Capacity

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat, Inayah, Taufik dan Hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dalam bentuk maupun isinya yang sangat sederhana. Semoga Tugas Akhir ini dapat dipergunakan sebagai pembantu dan membimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir yang berhubungan dengan Analisa Kapasitas pada Tugas Akhir lainnya.

Harapan saya semoga Tugas Akhir ini selain dalam membantu dalam penyelesaian studi sarjana di Teknik Sipil ITS tetapi bisa membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, sehingga saya dapat memperbaiki bentuk maupun isi Tugas Akhir ini sehingga kedepannya dapat lebih baik.

Banyak pihak yang telah berkontribusi pada penyelesaian Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Istiar, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberi ilmu dan semangatnya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ervina Ahyudanari, selaku Dosen Konsultasi yang telah mengarahkan Tugas Akhir ini.
3. Pihak Dinas Perhubungan Kota Gorontalo dan Pihak Bandara Djalaluddin Gorontalo yang telah berkenan memberikan data dan kesempatan bagi kami untuk melakukan penelitian di Bandara yang dikelola tersebut.
4. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan di sini.

Tugas akhir ini saya akui masih banyak kekurangan karena pengalaman yang saya miliki sangat kurang. Oleh karena itu saya harapkan kepada para penguji dan pembaca untuk

memberikan masukan-masukan yang bersifat membangun untuk kesempurnaan proposal ini.

Surabaya, Mei 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Lokasi Studi.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara.....	9
2.1.1 Metode Peramalan Dengan Pertimbangan.....	9
2.1.2 Metode Peramalan Kecenderungan.....	10
2.1.3 Metode analisa Pasar.....	14
2.1.4 Metode Pemodelan Ekonometrik.....	15
2.2 Peramalan dan Perencanaan Penerbangan.....	16
2.3 Pengaruh Desain Pesawat Terbang	17
2.4 Kapasitas Ruang Udara.....	18
2.4.1 Kapasitas Runway.....	19
2.4.2 Model Perhitungan Kapasitas Runway.....	21
2.4.3 Kapasitas Apron.....	24

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum.....	29
3.2 Studi Literatur.....	30
3.3 Pengumpulan Data	31
3.4 Prediksi Volume Lalu Lintas.....	31
3.5 Analisis Kapasitas Runway.....	31
3.6 Analisis Kapasitas Apron.....	31
3.7 Evaluasi Kecukupa Kapasitas Terhadap Lalu Lintas.....	31
3.8 Kesimpulan dan Saran.....	32

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Kondisi Eksisting.....	33
4.2 Analisa Perkiraan Lalu Lintas Udara.....	34
4.2.1 Arus Pesawat, Penumpang, Bagasi, Kargo dan Pos..	35
4.2.2 Perkiraan Jumlah Pesawat dan Penumpang.....	41
4.2.3 Metode Shift Share.....	52
4.2.4 Konversi Lalu Lintas di Bandara.....	55
4.3 Analisa Pergerakan di Jam Sibuk.....	62
4.4 Menghitung Kapasitas Runway.....	69
4.4.1 Kapasitas Runway Kondisi Eksisting 2015.....	71
4.4.2 Kapasitas Runway Tahap Pengembangan 2020.....	84
4.4.3 Kapasitas Runway Tahap Pengembangan 2025.....	94
4.5 Menghitung Kapasitas Apron.....	102
4.5.1 Kapasitas Apron Kondisi Eksisting 2015.....	103
4.5.2 Kapasitas Apron Tahap Pengembangan 2020.....	107
4.5.3 Kapasitas Apron Tahap Pengembangan 2025.....	107
4.6 Menghitung Kebutuhan Taxiway.....	109

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	115
5.2 Saran.....	115

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lay Out Bandara Djalaluddin Gorontalo.....	6
Gambar 1.2	Letak Bandara Djalaluddin Gorontalo.....	7
Gambar 2.1	Trend Kurva.....	13
Gambar 2.2	Interval Waktu.....	22
Gambar 2.3	Desain Standar Apron.....	26
Gambar 2.4	Lay Out Parkir.....	26
Gambar 3.1	Diagram Alir.....	30
Gambar 4.1	Grafik Pertumbuhan Pesawat.....	37
Gambar 4.2	Grafik Pertumbuhan Penumpang.....	38
Gambar 4.3	Grafik Pertumbuhan Bagasi.....	39
Gambar 4.4	Grafik Pertumbuhan Kargo.....	40
Gambar 4.5	Grafik Pertumbuhan Pos.....	41
Gambar 4.6	Grafik Regresi Linear Kedatangan Pesawat.....	42
Gambar 4.7	Grafik Regresi Ekspo Kedatangan Pesawat.....	42
Gambar 4.8	Grafik Regresi Log Kedatangan Pesawat.....	43
Gambar 4.9	Grafik Regresi Poli Kedatangan Pesawat.....	43
Gambar 4.10	Grafik Regresi Ekspo Keberangkatan Pesawat....	44
Gambar 4.11	Grafik Regresi Kedatangan Penumpang.....	44
Gambar 4.12	Grafik Regresi Keberangkatan Penumpang.....	45
Gambar 4.13	Grafik Regresi Bongkar Bagasi.....	45
Gambar 4.14	Grafik Regresi Muat Bagasi.....	46
Gambar 4.15	Grafik Regresi Bongkar Kargo.....	46
Gambar 4.16	Grafik Regresi Muat Kargo.....	47
Gambar 4.17	Grafik Regresi Bongkar Pos.....	47
Gambar 4.18	Grafik Regresi Muat Pos.....	48
Gambar 4.19	Grafik Regresi Jumlah Penduduk Gorontalo.....	52
Gambar 4.20	Grafik Regresi PDRB Provinsi Gorontalo.....	53
Gambar 4.21	Grafik Kapasitas dan Mix Index.....	112

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Frekuensi Pesawat Bandara Djalaluddin Gorontalo....	34
Tabel 4.2	Pertumbuhan Pesawat Djalaluddin Gorontalo.....	36
Tabel 4.3	Pertumbuhan Penumpang Bandara Djalaluddin	37
Tabel 4.4	Pertumbuhan Penumpang Bandara Djalaluddin.....	38
Tabel 4.5	Pertumbuhan Kargo Bandara Djalaluddin.....	39
Tabel 4.6	Pertumbuhan Pos Bandara Djalaluddin.....	40
Tabel 4.7	Rekapitulasi Rumus Regresi Grafik.....	49
Tabel 4.8	Rekapitulasi Jumlah Pesawat.....	49
Tabel 4.9	Rekapitulasi Jumlah Penumpang.....	50
Tabel 4.10	Rekapitulasi Jumlah Bagasi.....	50
Tabel 4.11	Rekapitulasi Jumlah Kargo.....	51
Tabel 4.12	Rekapitulasi Jumlah Pos.....	51
Tabel 4.13	Rekapitulasi Jumlah Penumpang Metode <i>Shift Share</i> ..	54
Tabel 4.14	Rekapitulasi Jumlah Penumpang Datang.....	54
Tabel 4.15	Rekapitulasi Jumlah Penumpang Berangkat.....	55
Tabel 4.16	Konfigurasi Berat Pesawat.....	56
Tabel 4.17	Konfigurasi Kapasitas Pesawat.....	57
Tabel 4.18	Kapasitas Bagasi dan Kargo.....	59
Tabel 4.19	Berat Total Bagasi dan Kargo.....	61
Tabel 4.20	Rekapitulasi Lalu lintas Pesawat.....	62
Tabel 4.21	Pergerakan Pesawat dan Penumpang Tahun 2013.....	63
Tabel 4.22	Peak Mount Ratio Pergerakan Pesawat.....	65
Tabel 4.23	Peak Mount Ratio Pergerakan Penumpang.....	66
Tabel 4.24	Pergerakan Pesawat Harian.....	67
Tabel 4.25	Pergerakan Pesawat Tahun Rencana.....	69
Tabel 4.26	Pergerakan Penumpang Tahun Rencana.....	69
Tabel 4.27	Kategori Berdasarkan pada Kecepatan Pendekatan.....	71
Tabel 4.28	Jadwal Keberangkatan Pesawat.....	72
Tabel 4.29	Jadwal Kedatangan Pesawat.....	72

Tabel 4.30 Klasifikasi Terhadap Kecepatan Pesawat	73
Tabel 4.31 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$	76
Tabel 4.32 Matriks Kombinasi	77
Tabel 4.33 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$	79
Tabel 4.34 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$	80
Tabel 4.35 Matriks Kombinasi	80
Tabel 4.36 Waktu Pemakaian Runway	82
Tabel 4.37 Klasifikasi Pesawat Tahap Pengembangan	85
Tabel 4.38 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$	87
Tabel 4.39 Matriks Kombinasi	88
Tabel 4.40 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$	90
Tabel 4.41 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$	90
Tabel 4.42 Matriks Kombinasi	91
Tabel 4.43 Klasifikasi Pesawat Tahap Pengembangan	94
Tabel 4.44 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$	96
Tabel 4.45 Matriks Kombinasi	96
Tabel 4.46 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$	98
Tabel 4.47 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$	99
Tabel 4.48 Matriks Kombinasi	99
Tabel 4.49 Evaluasi Kapasitas Runway Terhadap Pergerakan	102
Tabel 4.50 Klasifikasi Pesawat Berdasarkan Bentang Sayap	103
Tabel 4.51 <i>Gate Occupancy Time</i> Pesawat	104
Tabel 4.52 <i>Gate Occupancy Time</i> Rata-rata	105
Tabel 4.53 Spesifikasi Pesawat Terbesar	106
Tabel 4.54 Spesifikasi Pesawat Terbesar	108
Tabel 4.55 Evaluasi Kapasitas Apron	109
Tabel 4.56 Klasifikasi Pesawat Berdasarkan Berat	110
Tabel 4.57 Berat Pesawat	110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo diambil dari nama pilot TNI-AU kebanggaan Gorontalo merupakan pintu gerbang transportasi udara dari dan ke Provinsi Gorontalo, terletak di kecamatan Tibawa kecamatan Gorontalo. Awal mulanya bandara ini dibangun untuk keperluan transportasi militer, penyatuan daerah-daerah di Indonesia dan mempertahankan wilayah teritorial NKRI yang mulai beroperasi pada tahun 1955 dengan nama pelabuhan udara Tolotio karena terletak di desa Tolotio yang kemudian berganti nama pada tahun 1974. Bandara ini terletak 18 km dari ibukota kabupaten Limboto dan 30 km dari ibukota provinsi Gorontalo yang dapat ditempuh selama 40 sampai 50 menit.

Bandara Djalaluddin sebagai bandara Gorontalo memberikan banyak manfaat untuk Provinsi Gorontalo. Provinsi Gorontalo terletak di bagian utara pulau Sulawesi dan merupakan pecahan dari provinsi Sulawesi utara yang kemudian menjadi provinsi Gorontalo dengan ibukota terletak di kota Gorontalo. Sebagai provinsi baru Gorontalo mengalami proses pembangunan yang cepat mulai dari infrastruktur maupun kondisi masyarakatnya, seperti sekarang ini yang banyak kedatangan investor maupun pendatang dari daerah lain di Indonesia untuk berdagang atau kegiatan bisnis lainnya. Tidak hanya kedatangan, sebagai provinsi baru Gorontalo mengalami kepergian menuju daerah-daerah lain di Indonesia untuk keperluan bisnis maupun politik. Jalur transportasi yang saat ini ada di Gorontalo adalah melalui darat, laut dan udara, tetapi untuk menuju ke pulau lainnya seperti ke pulau Jawa transportasi yang memungkinkan adalah menggunakan jalur laut dan udara, khususnya untuk urusan bisnis dan politik yang dikejar dengan waktu paling singkat memungkinkan menggunakan jalur udara yang lebih

singkat dibandingkan dengan jalur laut sehingga dari tahun ke tahun terdapat peningkatan yang signifikan terhadap transportasi udara yang ada di provinsi ini.

Walaupun hanya sebagai bandara perintis fungsi dari bandara ini sangatlah penting yaitu melayani proses keberangkatan dan kedatangan penumpang dan muatan kargo. Bandara Djalaluddin semakin lama semakin mengalami peningkatan, baik dari segi infrastruktur maupun pelayanan, jika dulu hanya melayani beberapa penerbangan dalam seminggu tetapi sekarang dengan semakin pesatnya proses pembangunan di Gorontalo bandara Djalaluddin setiap harinya terjadi keberangkatan dan kedatangan pesawat terbang sehingga berpengaruh pula dengan peningkatan infrastruktur bandara lainnya seperti peningkatan pelayanan di dalam dan luar bandara. Hal lainnya yang berpengaruh adalah muatan kargo yang semakin sering keluar masuk Gorontalo.

Bandara Djalaluddin setiap harinya melayani kurang lebih 10 kali penerbangan dengan 3 maskapai berbeda dengan jalur lintas pulau yang artinya perjalanan jarak jauh, ditambah lagi dengan penerbangan lokal menggunakan pesawat kecil ke daerah sekitar Gorontalo seperti menuju Manado, Palu, dan Kendari, itu artinya setiap harinya Bandara Djalaluddin melayani banyak penerbangan dengan tujuan yang bermacam-macam, dan tidak hanya sampai disitu kedepannya akan terjadi peningkatan penumpang yang menggunakan jalur udara, maka perbaikan infrastruktur tidak akan berhenti tetapi akan mengalami peningkatan kedepannya.

Sebagai peningkatan kualitas, hal yang perlu diperhatikan dari sebuah Bandar udara tidak hanya fasilitas bandara untuk para penumpang tetapi faktor paling penting adalah fasilitas yang disediakan untuk pesawat yang meliputi *apron*, *taxiway*, dan *runway*. Contohnya seperti *apron* yang berfungsi sebagai tempat parkir pesawat dengan ukuran dan dimensi tertentu dan juga memiliki daya tampung tertentu dan *runway* atau landasan pacu pesawat, semakin panjang *runway* akan berakibat pada tipe-tipe

pesawat berukuran besar dapat menggunakannya dan berdampak pula pada kapasitas muat penumpang dan barang. Saat ini Bandara Djalaluddin memiliki panjang *runway* 2500 m dengan lebar 45 m dan *apron* dengan ukuran panjang 230 m dan lebar 80 m serta *taxiway* sebagai penghubung antar *runway* dan *apron* dengan tipe pesawat yang beroperasi adalah tipe Boeing 737-900ER. Bandara Djalaludin Gorontalo dikelola oleh pemerintah dibawah naungan Kementerian Dinas Perhubungan sehingga hal-hal yang berkaitan dengan penambahan maupun perbaikan infrastruktur berdasarkan pada keputusan Kementerian Perhubungan seperti proyek penambahan *apron* atau perpanjangan *runway*. Selain itu terdapat pula fasilitas lainnya untuk penumpang yaitu terminal beserta ruang tunggu dan menara pengawas. Jumlah penerbangan yang berangkat melalui bandara Djalaluddin pada Agustus 2013 tercatat sebanyak 184 penerbangan atau naik sebanyak 10.84 persen dibanding pada bulan Juli 2013. Demikian juga pada jumlah penumpang yang menjadi 19.956 atau naik sebesar 6.58 persen sementara jumlah bongkar muat bagasi mengalami peningkatan sebesar 27.49 dan 13.67 persen.

Dari tahun ke tahun bandara Djalaluddin mengalami peningkatan baik dalam segi penumpang maupun muatan. Untuk mengatasi kemungkinan lonjakan yang tinggi di masa mendatang maka perlu adanya penambahan-penambahan fasilitas dan infrastruktur. Penambahan yang dimaksud meliputi penambahan kapasitas terminal untuk menampung penumpang dan penambahan pada *runway* yang meliputi perpanjangan dan pelebaran. Pada tahun ini bandara Djalaluddin sedang melakukan proyek perpanjang *runway* dan pembuatan *apron* baru. Dengan adanya pelaksanaan proyek itu akan berdampak pada kegiatan di bandara, kegiatan akan mengalami gangguan dikarenakan proses dari pekerjaan. Seperti pada proyek perpanjangan *runway*, akan mempengaruhi proses operasional pesawat dan mempengaruhi jumlah pesawat yang bisa beroperasi. Walaupun akan ada penjadwalan pada proyek tersebut yaitu dikerjakan pada saat

runway tidak beroperasi, tetapi proses penjadwalan tersebut tidak berlangsung terus-menerus.

Proyek perpanjangan *runway* yang sedang terjadi memberikan pengaruh pada proses operasional pesawat. Pekerjaan yang dilakukan pada satu sisi *runway* akan membuat *runway* menjadi lebih pendek dikarenakan adanya zona aman untuk para pekerja proyek dan zona aman untuk pesawat melakukan *takeoff* serta *landing*. Pada awal proses perencanaan panjang *runway* berkaitan dengan jenis pesawat yang mendarat. Tetapi jika terjadi perpendekan *runway* maka akan terjadi perubahan pada kapasitas runway dalam menampung jumlah pesawat yang akan beroperasi yang terus meningkat setiap tahunnya.

Dari latar belakang tersebut, variable yang diperlukan adalah jumlah pesawat yang beroperasi di bandara Djalaludin dan kapasitas *apron*, *runway* dan jenis pesawat yang beroperasi. Jumlah pesawat yang beroperasi meliputi lalu lintas pesawat di bandara dan prediksi hingga beberapa tahun mendatang, *apron* meliputi kapasitasnya dalam menampung pesawat yang parkir dan *runway* meliputi panjang *runway* dan kapasitas *runway*.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan mengenai peningkatan jumlah pesawat yang beroperasi pada *apron* dan *runway* yang sedang diperpanjang setiap tahunnya dan pengaruhnya terhadap kapasitas *apron* dan *runway*, apakah jumlah pesawat yang mengalami peningkatan setiap tahun dengan kondisi *apron* dan *runway* yang ada sekarang masih bisa mencukupi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dikemukakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Berapakah volume lalu lintas pesawat bandara Djalaludin sekarang dan pertumbuhannya hingga 5 tahun dan 10 tahun mendatang?

2. Berapakah kapasitas pesawat *runway* dan *apron* bandara Djalaludin saat ini?
3. Berapakah kapasitas pesawat *runway* dan *apron* bandara Djalaludin 5 tahun dan 10 tahun mendatang setelah ada penambahan panjang *runway* dan perluasan *apron*?
4. Berapakah kebutuhan jumlah *taxiway* sampai 10 tahun mendatang?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung volume lalu lintas pesawat bandara Djalaludin serta pertumbuhannya hingga 5 tahun dan 10 tahun mendatang.
2. Menghitung kapasitas *runway* dan *apron* bandara Djalaludin saat ini.
3. Menghitung kapasitas *runway* dan *apron* bandara Djalaludin 5 tahun dan 10 tahun mendatang setelah ada penambahan panjang *runway* dan perluasan *apron*.
4. menghitung kebutuhan jumlah *taxiway* sampai 10 tahun mendatang

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini dibatasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Tidak menggunakan semua metode perhitungan prediksi lalu lintas pesawat bandara Djalaludin
2. Tidak menentukan konfigurasi exit *taxiway*
3. Tidak menentukan rambu dan marka *runway*
4. Tidak membahas proses perpanjangan *runway*

1.5 Manfaat

Penyusunan tugas akhir ini diharapkan mampu mendapatkan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran bagaimana seharusnya menentukan kapasitas *runway* yang benar dan bagaimana hubungannya dengan jenis pesawat yang menggunakannya.
2. Dapat menjadi referensi untuk rencana penambahan *apron* kedepannya.
3. Dapat menjadi referensi untuk rencana perbaikan infrastruktur bandara.

1.6 Lokasi Studi

Tugas akhir terletak di provinsi Gorontalo dengan layout bandara seperti pada gambar 1.1 yang berjarak kurang lebih 30 km dari pusat kota Gorontalo pada gambar 1.2. Data gambar apron dan runway eksisting ditunjukkan pada lampiran dan gambar perencanaan fasilitas bandara ditunjukkan pada lampiran .



Gambar 1.1 Layout Bandara Djalaluddin Gorontalo
(Sumber: Google.com)



Gambar 1.2 Letak Bandara Djalaluddin Gorontalo
(Sumber: Google.com)

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara

Peramalan lalu lintas udara adalah memperkirakan kemungkinan pertumbuhan lalu lintas udara yang akan terjadi kedepannya menggunakan data lalu lintas udara yang sudah ada sebelumnya sehingga perkiraan yang didapatkan mendapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan nilai aslinya yang ada di lapangan. Dalam melakukan peramalan lalu lintas udara terdapat metode atau cara yang beragam dimulai dengan cara yang sederhana maupun menggunakan cara yang lebih rumit dengan cara analisa matematis. Berbagai macam cara tersebut akan mendapatkan hasil yang beragam dengan kemungkinan kesalahan terkecil hingga yang terbesar tergantung sebanyak apa variabel yang digunakan. Dalam pemilihan metode harus dilihat faktor-faktor lain seperti data yang diperlukan, kecanggihan teknik yang digunakan, dana yang diperlukan, waktu peramalan, dan ketepatan hasil yang diinginkan.

Beberapa metode peramalan yang dapat digunakan antara lain adalah peramalan dengan pertimbangan, peramalan kecenderungan, analisis pasar, dan pemodelan ekonometrik. Yang akan dijelaskan pada sub bab berikut.

2.1.1 Metode Peramalan dengan Pertimbangan (Forecasting by Judgement)

Metode peramalan dengan pertimbangan disebut juga dengan metode *Delphi*. Metode *Delphi* menggunakan cara peramalan dengan mengumpulkan sekumpulan pakar dalam bidang tertentu yang kemudian diminta untuk menilai atau menyusun skala prioritas dari sekumpulan pertanyaan atau proyeksi melalui teknik survey. Hasil survey tersebut kemudian dibagikan kepada anggota kelompok dan diberikan kesempatan

kepada setiap anggota untuk menilai kembali penelitian semula berdasarkan pada penilaian kolektif kelompok tersebut. Tahap penilaian itu seringkali diulang untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Dalam metode *Delphi*, hasil metode itu tidak harus mencerminkan konsekuensi kelompok, dan kenyataannya hasil yang didapat akan menghasilkan nilai yang paling banyak dipilih oleh mayoritas orang dan terdapat hasil yang berbeda dalam kelompok sehingga dibutuhkan kesimpulan.

Kelemahan dari metode ini adalah tidak adanya ukuran-ukuran statistik yang menjadi dasar hasil tersebut, kecuali dalam kondisi paling nyata untuk mendapatkan suatu konsensus penting sehubungan dengan prestasi yang diharapkan dari faktor-faktor yang membicarakan penjelasan masa depan.

2.1.2 Metode Peramalan Kecenderungan (*Trend Extrapolation*)

Ekstrapolasi didasarkan pada pengujian historis suatu kegiatan dan mengangap bahwa faktor tersebut yang menentukan variasi-variasi tertentu pada kegiatan lalu lintas pada masa lalu dan akan terus menunjukkan variasi-variasi yang serupa di masa mendatang. Persentase ini menggunakan data tipe rangkaian waktu dan menganalisis pertumbuhan dan laju pertumbuhan yang dihubungkan dengan data masa lalu seperti pada data pertumbuhan lalu lintas udara. Dalam pelaksanaannya kecenderungan berkembang dalam situasi dimana laju pertumbuhan suatu peubah adalah stabil baik secara mutlak ataupun persentase, terdapat laju pertumbuhan yang meningkat atau menurun secara berangsur atau berkala dalam satuan waktu. Teknik-teknik statistic digunakan untuk membantu dalam menentukan keandalan dan rentang yang diharapkan dalam kecenderungan yang diekstrapolasi.

Terdapat beberapa tipe ekstrapolasi, termasuk diantaranya ekstrapolasi kecenderungan linier. Dalam keadaan apapun variabel yang diperkirakan akan dilukiskan dalam kertas grafik

dan dibuat penetapan hubungan fungsional yang mungkin di antara variabel tersebut. Diantara beberapa metode peramalan kecenderungan adalah sebagai berikut:

1. Ekstrapolasi Linear

Teknik ini digunakan untuk pola permintaan yang menunjukkan suatu hubungan linear historis dengan variabel waktu. Hubungan yang mendasarinya mungkin diamati konstan atau berubah dalam pola teratur, atau siklus.

2. Ekstrapolasi Eksponensial

Untuk keadaan dimana variabel yang tergantung pada yang lain memperlihatkan suatu laju pertumbuhan yang konstan terhadap waktu, biasanya ekstrapolasi eksponensial. Gejala ini sering terjadi dalam dunia penerbangan untuk proyeksi-proyeksi tingkat kegiatan yang telah memperlihatkan kecenderungan jangka panjang meningkat atau menurun dengan suatu persentase tahunan rata-rata.

3. Kurva-kurva Logistik

Dalam keadaan dimana laju pertumbuhan tahunan rata-rata secara berangsur-angsur mengalami penurunan sesuai dengan waktu, maka sebaiknya digunakan kurva logistik untuk menganalisis kecenderungan. Dengan timbulnya pasar penerbangan, sering terdapat periode awal dengan pertumbuhan tahunan yang berangsur-angsur meningkat, periode pertengahan dengan pertumbuhan yang konstan dan periode akhir dimana laju pertumbuhan berkurang pada suatu titik ketika telah terjadi kejenuhan pasar.

Dalam perhitungannya biasanya digunakan metode dengan kurva yang berbeda-beda yang ditunjukkan dalam nilai matematis, dan rumus matematika. Bentuk kurva ditunjukkan pada gambar 2.1 di bawah. Variabel yang diperlukan adalah lalu lintas ditunjukkan sebagai variabel Y , variabel waktu T , dan a , b dan c

adalah konstanta (koefisien). Nilai dari setiap grafik adalah sebagai berikut:

1. Linear (garis lurus)

$$Y = a + bT$$

Menunjukkan nilai pertumbuhan yang konstan.

2. Eksponensial

$$Y = a(1 + b)^T$$

$$\log Y = \log a + T \log(1 + b)$$

Dengan nilai b positif atau biasanya kurang dari satu, menunjukkan bahwa persentase lalu lintas tahunan meningkat setiap nilai $100b$. rumus eksponensial dapat ditunjukkan dalam bentuk rumus linear.

3. Parabola

$$Y = a + bT + cT^2$$

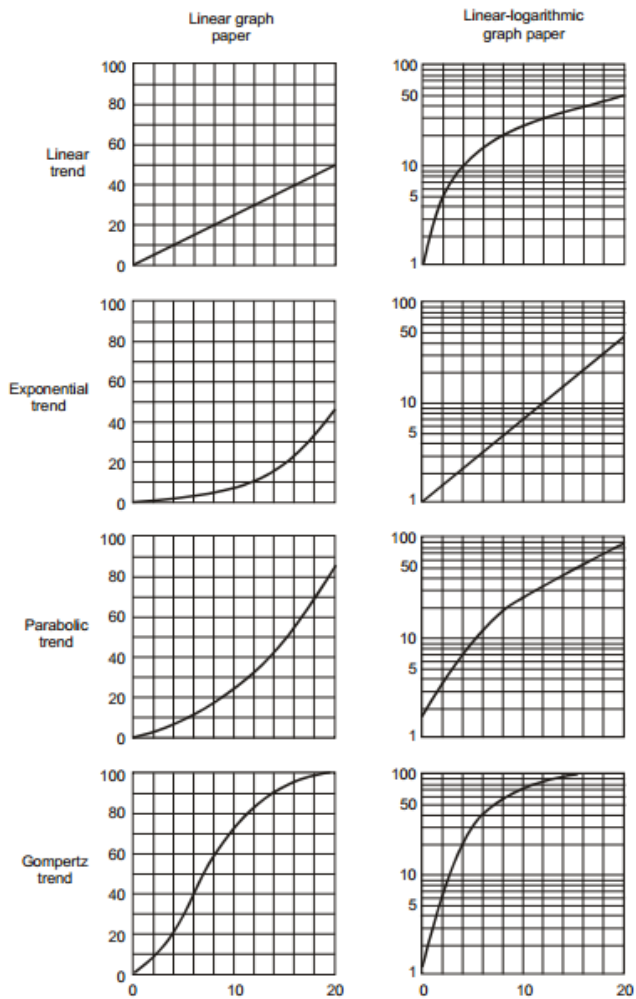
Dengan 3 konstanta menunjukkan bentuk kurva yang bervariasi. Nilai c lebih besar dari 0, pertumbuhan yang terjadi pada kurva berdasarkan nilai waktu dan mengalami penurunan berdasarkan nilai waktu.

4. Gompertz

$$Y = ab^{-c^T}$$

$$\log Y = \log a - C^T \log b, \quad 0 < c < 1$$

Dapat digunakan dalam peramalan dengan periode waktu yang sangat lama.



Gambar 2.1 Trend Kurva
(Sumber: ICAO Manual Air Traffic Forecasting, 2006)

2.1.3 Metode Analisa Pasar (*Market Analysis*)

Metode analisa pasar ini terdiri dari dua model, yaitu *Market Share Models* dan *Market Definition Models*.

1. *Market Share Models*

Teknik-teknik peramalan yang digunakan untuk membagi kegiatan penerbangan skala besar menjadi tingkat lokal disebut model bagian pasar. Yang berkaitan dengan penggunaan metode ini adalah bahwa bagian kegiatan skala besar yang dapat diserahkan kepada tingkat lokal adalah besaran yang tetap dan dapat diperkirakan. Metode ini telah banyak dipakai untuk meramalkan permintaan penerbangan di tingkat lokal, dan kegunaannya yang paling umum adalah penentuan bagian kegiatan lalu lintas nasional total yang akan ditampung oleh daerah, pusat kegiatan lalu lintas atau bandara tertentu. Data historis dipelajari untuk menetapkan rasio dari lalu lintas bandara lokal terhadap lalu lintas nasional total.

2. *Market Definition Models*

Metode ini mempelajari karakteristik perilaku penumpang dan membedakan penumpang kedalam golongan yang berbeda berdasarkan karakteristik tersebut. Pemilihan metode ini adalah berdasarkan kepercayaan bahwa karakteristik sosial ekonomi tertentu mempengaruhi kegiatan untuk bepergian. Melalui identifikasi dan penggolongan penumpang menurut faktor-faktor tersebut adalah mungkin untuk memperkirakan pola-pola perjalanan. Secara umum penduduk digolongkan menurut pendapatan, pekerjaan, umur, tipe, dan letak tempat tinggal, pendidikan, dan faktor serupa.

2.1.4 Metode Pemodelan Ekonometrik (*Econometrik Modelling*)

Teknik cukup rumit yang umum dijumpai dalam peramalan permintaan Bandar udara dan penerbangan adalah penggunaan model ekonometrik. Terdapat faktor-faktor ekonomi, sosial, dan operasional yang bermacam-macam yang mempengaruhi penerbangan. Model-model ekonometrik yang menghubungkan kegiatan penerbangan dengan faktor-faktor social ekonomi merupakan teknik yang sangat berguna dalam membuat peramalan di masa mendatang. Terdapat teknik-teknik yang sangat bervariasi yang digunakan dalam model ekonometrik untuk perencanaan bandara. Teknik analisis regresi berganda memastikan hubungan diantara variabel terikat dan variabel bebas seperti pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk, faktor-faktor yang menghalangi perjalanan dan persaingan antara alat transportasi yang berbeda.

Metode peramalan pertumbuhan lalu lintas udara yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah metode regresi linear. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan kondisi lalu lintas saat ini dan pertumbuhan yang akan terjadi kedepannya. Metode ini dapat memodelkan hubungan antara 2 variabel atau lebih yang dalam hal ini adalah variabel jumlah dan waktu. Pada model ini terdapat variabel tidak bebas yang diberi tanda y yang mempunyai hubungan fungsional dengan 1 atau lebih variabel bebas. Hubungannya dapat dinyatakan dalam persamaan 2.21 berikut (Tamin, 2000):

$$Y = A + Bx \quad (2.21)$$

Dimana:

Y = Variabel tidak bebas
X = Variabel bebas
A = Konstanta regresi

B = Koefisien regresi

Parameter A dan B dapat diperkirakan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil yang meminimumkan selisih kuadrat total antara hasil pengamatan. Nilai parameter A dan B bisa didapatkan dari persamaan 2.22.

$$B = \frac{N \sum_i (x_i y_i) - \sum_i (x_i) \sum_i (y_i)}{N \sum_i (x_i^2) - (\sum_i (x_i))^2} \quad (2.22)$$

$$Y = A - Bx$$

N = Jumlah data dalam bilangan bulat positif 1,2,3,.....,n

Koefisien determinasi (R^2) didefinisikan sebagai hasil antara variasi terdefinisi dengan variasi total dengan nilainya ditunjukkan pada persamaan 2.23 berikut:

$$R^2 = \frac{\sum_i (y_i - y_1)^2}{\sum_i (y_i - y_1)^2} \quad (2.23)$$

Koefisien ini mempunyai batas limit sama dengan satu (*perfect explanation*) dan nol (*no explanation*). Nilai antara kedua batas limit ini ditafsirkan sebagai persentase total variasi yang dijelaskan untuk analisa regresi linear.

2.2 Peramalan dalam Perencanaan Penerbangan

Peramalan lalu lintas dan parameter jam puncak adalah faktor penting dalam perencanaan penerbangan. Faktor lainnya adalah pergerakan tahunan pesawat yang kemudian menentukan pergerakan pesawat pada periode puncak. Pada periode puncak kemudian akan didapatkan nilai rata-rata pergerakan per hari dari data tersebut akan mendapatkan data rata-rata pergerakan per jam yang kemudian akan dipakai pada perhitungan.

Nilai dari pergerakan pesawat didapatkan dari peramalan dengan metode bermacam-macam yang sudah dijelaskan sebelumnya yang menggunakan data pergerakan pesawat

sebelumnya, tetapi data tersebut hanya bertahan sebentar saja karena hanya bersifat peramalan.

Peramalan pergerakan pesawat didapatkan pada peramalan jumlah penumpang yang akan menggunakan pesawat dan mengasumsi jenis pesawat yang digunakan tetap atau sama maka hubungan antara variabel tersebut dapat dirumuskan:

$$\text{Pergerakan Pesawat} = \frac{\text{Jumlah Penumpang}}{\text{load factor} \times \text{aircraft size}}$$

Dimana:

Load faktor = Jumlah penumpang yang bisa dibawa/ jumlah tempat duduk pesawat

Aircraft size = Jumlah tempat duduk pada pesawat

2.3 Pengaruh Design Pesawat Terbang dengan Panjang *Runway*

Sebuah pesawat terbang memiliki pengaruh terhadap desain *runway*, perkembangan pesawat yang semakin pesat mewajibkan pula pada perkembangan desain *runway*. Seperti pada hal kecepatan. Kecepatan memiliki peranan penting yaitu sebagai tingkat keekonomisan sebuah pesawat, dengan kecepatan yang tinggi waktu yang diperlukan untuk menerbangkan pesawat menjadi lebih singkat sehingga berpengaruh kepada komponen lain seperti bahan bakar dan ban pesawat. Kecepatan pesawat dipengaruhi oleh tipe sayap pesawat sesuai dengan tipe pesawat dalam hal ini di Indonesia umumnya menggunakan tipe pesawat jenis Boeing.

$$\text{Gaya Angkat} = \text{Berat} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_L$$

Dimana :

ρ = Berat Jenis Udara

V = Kecepatan Pesawat

S = Luas Sayap Pesawat

C_L = Koefisien Gaya Angkat

Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa Gaya Angkat pesawat berpengaruh pada berat, kecepatan, dan jenis sayap pesawat. Untuk mendapatkan kecepatan yang cukup untuk mengangkat pesawat diperlukan jarak *runway* yang cukup pula, sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis pesawat yang dalam hal ini diwakili oleh berat pesawat, kecepatan pesawat (V) dan luas sayap pesawat (S) berpengaruh dengan panjang *runway*.

2.4 Kapasitas Ruang Udara

Kapasitas ruang udara adalah jumlah operasi pesawat maksimum yang dapat dilakukan pada suatu bandara selama jangka waktu tertentu. Dalam perkembangannya dari waktu ke waktu terjadi peningkatan dalam setiap aktivitas manusia tidak terkecuali dengan aktivitas yang berhubungan dengan perpindahan manusia dan barang dan transportasi udara menjadi salah satunya dengan jumlah yang semakin bertambah tersebut timbul masalah baru yaitu tidak sesuainya kapasitas yang tersedia dengan yang telah direncanakan maka diperlukan perhitungan ulang dengan data baru yang ada sehingga didapatkan kapasitas baru yang sesuai. Dalam perhitungan kapasitas ruang udara terdapat variabel waktu dengan periode tertentu. Kendala lain yang ada pada permasalahan lalu lintas udara adalah ketepatan waktu yang tidak sesuai yang direncanakan atau selalu ada. Maka dalam kapasitas ruang udara dibagi menjadi dua jenis kapasitas yaitu :

1. Kapasitas Kejenuhan Maksimum (*Maximum throughput capacity/ saturation capacity*)
Adalah jumlah pergerakan pesawat terbang (*take off* dan *landing*) yang dapat dilakukan dalam satu jam pada *runway* tanpa melanggar regulasi ATM (*Air*

Traffic Management), dengan asumsi adanya permintaan secara kontinyu.

2. Kapasitas Praktis per Jam (*Practical hourly capacity*)
Adalah jumlah pergerakan yang dapat dilakukan dalam satu jam pada *runway* dengan waktu delay rata-rata adalah 4 menit, atau dengan nilai berkisar 80-90% dari kapasitas jenuh.

2.4.1 Kapasitas *Runway*

Dalam menghitung kapasitas *runway* ada beberapa ukuran yang digunakan dalam mencari berapa banyak pergerakan pesawat yang terjadi di *runway* dalam satuan waktu tertentu baik itu keberangkatan maupun kedatangan (*departure* dan *arrive*). Ukuran-ukuran terdiri dari variabel yang berhubungan dengan operasional *runway* yang dimaksudkan untuk mendapatkan nilai yang valid atau sesuai dengan yang diinginkan.

Ukuran-ukuran terkait dengan kapasitas *runway* yaitu :

1. Pergerakan pesawat terbang
2. Jenis dan ukuran pesawat terbang yang beroperasi
3. Kapasitas kejenuhan maksimum
4. Kapasitas *runway*

Selain ukuran, hal lain yang berkaitan adalah faktor-faktor dalam kapasitas *runway* yaitu :

1. Jumlah dan geometrik *runway*
Pada perencanaan geometrik yang baik untuk sebuah *runway* maka dapat mempengaruhi kapasitas *runway*. Geometrik *runway* berpengaruh pada tingkat kebisingan yang terjadi pada *runway*, untuk meningkatkan kapasitas maka cara yang dilakukan adalah dengan menambah *runway* baru tetapi jika jarak antara *runway* terlalu dekat maka kedua *runway* hanya akan berfungsi masing-masing tidak bisa secara bersamaan karena faktor kebisingan. Maka diperlukan perencanaan geometrik yang baik untuk mengatasinya.

2. Spesifikasi pemisahan jarak antar pesawat oleh ATM sistem

Sistem ATM dimaksudkan untuk mengatur pemisahan minimum antar pesawat yang akan menggunakan *runway*, sistem ini mengatur berapa jumlah pesawat yang dapat beroperasi pada *runway* sehingga semakin baik sistem yang diterapkan maka efektifitas penggunaan *runway* akan meningkat. FAA mengklasifikasikan pesawat terbang menjadi 3 kelas berdasarkan dari MTOW.

- a. Kelas Heavy (H) ($MTOW > 255.000 \text{ lbs (116 ton)}$)
- b. Kelas Large (L) ($41.000 \text{ (19 ton)} < MTOW < 255.000 \text{ lbs (116 tons)}$)
- c. Kelas Small (S) ($MTOW < 41.000 \text{ lbs (19 tons)}$) Untuk Boeing 757 diklasifikasikan diantara kelas H dan L.

- Pesawat yang berurutan harus dipisahkan dalam jarak tertentu dalam satuan mil, yang disajikan dalam bentuk tabel.

		Pesawat berada di belakang		
		H	L	S
Pesawat berada di depan	H	4	5	5/6
	L	2.5 (atau 3)	2.5 (atau 3)	3/4
	S	2.5 (atau 3)	2.5 (atau 3)	2.5 (atau 3)

- Pesawat yang masih berada diudara tidak bisa melakukan *landing* sebelum pesawat yang berada di depannya selesai di *runway* dan pesawat yang akan *takeoff* harus menunggu pesawat yang landing selesai di *runway*.

- Jarak antara kedatangan pesawat dipisahkan dalam satuan waktu (detik) pada tabel di bawah

		Pesawat berada di belakang		
		H	L	S
Pesawat berada di depan	H	90	120	120
	L	60	60	60
	S	45	45	45

**untuk amannya pemisahan antar pesawat disarankan berjarak selama 120 detik*

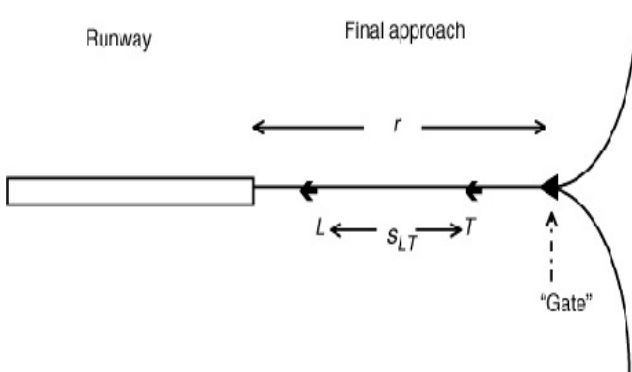
3. Kombinasi pesawat yang digunakan di bandara
Kombinasi pesawat yang homogen atau jenis pesawat sama berpengaruh pada kapasitas *runway*, dengan jenis atau komposisi pesawat yang sama maka akan memudahkan sistem ATM dalam menyederhanakan pekerjaan pengendalian lalu lintas udara sehingga kinerjanya menjadi lebih efektif.
4. Penggunaan *runway* untuk kedatangan, keberangkatan, dan keduanya.
Faktor lain yang mempengaruhi kapasitas *runway* adalah fungsi dari *runway* itu sendiri, fungsinya apakah berkaitan untuk kedatangan, keberangkatan, dan keduanya secara bersamaan atau dilakukan secara terpisah. Jika penggunaanya dilakukan secara terpisah maka akan memudahkan dalam melakukan manajemen lalu lintas udara tetapi fungsi dari *runway* menjadi tidak optimal begitu juga sebaliknya sehingga mempengaruhi kapasitas dari *runway*.

2.4.2 Model Perhitungan Kapasitas *Runway*

Awal mula model perhitungan kapasitas *runway* secara matematis dibuat oleh Blumstein (1959). Model yang digunakan adalah menghitung kapasitas single *runway* untuk kedatangan pesawat yang kemudian dikembangkan untuk menghitung

keberangkatan, kedatangan dan keduanya. Pada tahun 1960 FAA dan Laboratorium Instrumentasi Udara mengembangkan metode untuk menghitung kapasitas *runway* dengan melakukan pendekatan terhadap teori antrian.

Dalam melakukan pendaratan menuju *runway*, pesawat harus terlebih dahulu melakukan perlambatan dan kemudian menuju *runway* hingga keluar menuju *taxiway*. Saat melakukan pendaratan di *runway* posisi pesawat berada pada posisi gate yang biasanya berjarak antara 5-8 mil dari *runway* secara ke arah *runway*. Selain itu aturan-aturan keselamatan juga harus dipahami yaitu pesawat melakukan proses tersebut secara bertahap dan aman disaat tidak ada pesawat lain sudah selesai melakukan kegiatan *takeoff* dan *landing* di *runway*.



Gambar 2.2 Interval Waktu

Untuk menghitung kapasitas *runway*, langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan menghitung interval waktu yang terjadi di antara pesawat yang akan menggunakan *runway*, dengan menggunakan persamaan 2.24, gambar 2.2.

$$T_{ij} = \max \left[\frac{r + s_{ij}}{v_j} - \frac{r}{v_j}, o_i \right] \text{ dimana } v_i > v_j \quad (2.24)$$

$$T_{ij} = \max \left[\frac{s_{ij}}{v_j}, o_i \right] \text{ dimana } v_i < v_j \quad (2.25)$$

Dimana :

- r = Panjang jalur di final approach (5-8 mil)
- s_{ij} = Syarat pemisah minimum oleh ATC antara dua pesawat saat keduanya terbang
- v_i = Asumsi kecepatan pada final approach, pesawat terbang i menjaga kecepatannya konstan di sepanjang final approach
- o_i = Waktu *runway*, yaitu waktu pemakaian *runway* yang dilakukan oleh suatu pesawat
- T_{ij} = Interval waktu minimum antara kedatangan pesawat tipe i dan j yang menggunakan *runway*

$$E[T_{ij}] = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K P_{ij} \cdot T_{ij} \quad (2.26)$$

Dimana :

- P_{ij} = Probabilitas kejadian pesawat tipe i diikuti oleh pesawat tipe j
- K = Jumlah kelas-kelas pesawat yang berbeda

$$t_{ij} = T_{ij} + b \quad (2.27)$$

$$E[t_{ij}] = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K P_{ij} \cdot t_{ij} \quad (2.28)$$

Dimana :

- t_{ij} = Interval waktu rata-rata semua kemungkinan pesawat i dan j
 b = Buffer time yaitu waktu tenggat antar kedua pesawat (10 s atau 1/3 mil)
 P_{ij} = Probabilitas kejadian pesawat tipe i diikuti oleh pesawat tipe j
 K = Jumlah kelas-kelas pesawat yang berbeda
 T_{ij} = Interval waktu minimum antara kedatangan pesawat tipe i dan j yang menggunakan *runway*

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} \quad (2.28)$$

μ = Kapasitas maksimum

$E[t_{ij}]$ = Nilai perkiraan t_{ij}

2.4.3 Kapasitas *Apron*

Apron adalah area atau wilayah di bandara yang berfungsi sebagai tempat parkir untuk pesawat dengan struktur perkerasan kaku atau rigid pavement. Kapasitas *apron* terkadang menjadi faktor penghambat pada kapasitas ruang udara secara keseluruhan pada bandara dengan luas lahan yang kecil. Kapasitas *apron* bisa disebut kapasitas dinamis yaitu jumlah pesawat yang dapat ditampung selama satu jam.

Kapasitas *apron* dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah faktor gate yaitu tempat dimana pesawat parkir, faktor yang mempengaruhi kapasitas *apron* yaitu:

1. Jumlah dan tipe gate pada tiap grup
2. Ukuran gate
3. Gate occupancy time
4. Lay out parkir pesawat di setiap gate

Dimensi apron dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.29 dan 2.30, untuk kebutuhan parkir pesawat berbeda untuk tiap tipe gate, dengan ukuran dimensinya dijelaskan pada gambar 2.3.

$$P = G.W + (G - 1).C + 2.P_b \quad (2.29)$$

$$l = P_b + W + C_b + C_w \quad (2.30)$$

Dimana :

P = Panjang Apron

G = Jumlah Gate

C = Clearance

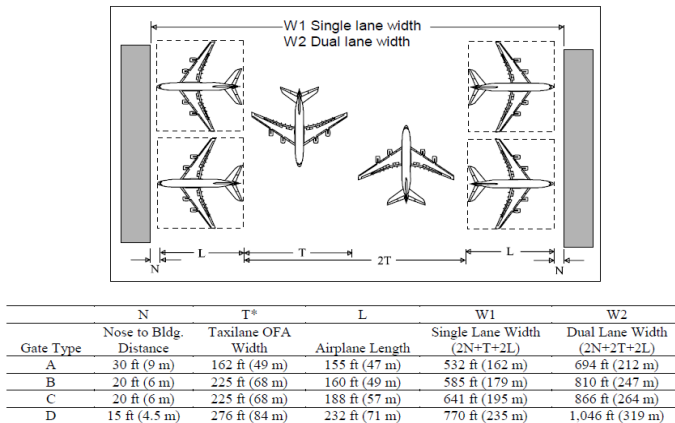
P_b = Panjang Pesawat

l = Lebar Apron

W = Bentang Sayap

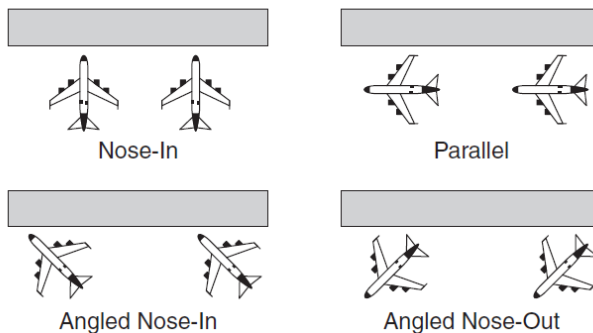
C_b = Panjang Service Road diambil 10 m

C_w = Jarak antara taxiway dan apron diambil 15 m



Gambar 2.3 Desain Standar Apron

Untuk layout parkir pesawat pada *apron* terdapat dua tipe layout parkir yaitu *angled nose in parking* dan *nose in parking*. Untuk tipe *angled nose in parking* akan membutuhkan lebih banyak tempat untuk parkir sehingga kapasitas *apron* akan lebih kecil jika dibandingkan kapasitas *apron* dengan layout parkir *nose in parkir*. Untuk lebih jelasnya terdapat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Layout Parkir
(Sumber: Horonjeff & Mckelvey, 1988)

Dalam menghitung kapasitas *apron* sebelumnya harus menghitung dahulu kapasitas dinamis yaitu kapasitas yang didapatkan dari interval waktu penggunaan dua pesawat yang berurutan. Dengan analogi pendekatan yang digunakan dalam menghitung kapasitas *runway*.

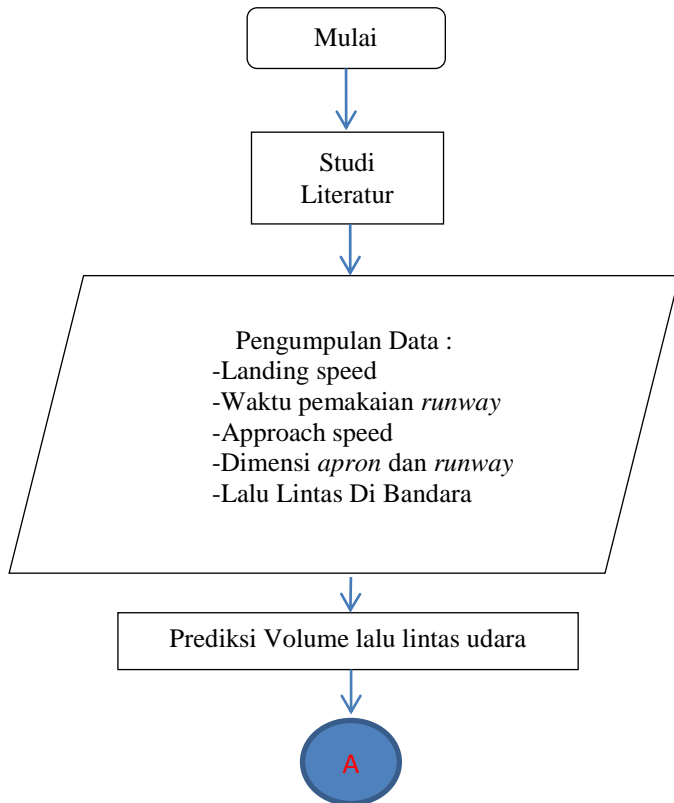
Waktu yang dibutuhkan setiap pesawat saat berada di *apron* disebut *Scheduled Occupancy Time* (SOT) atau waktu pesawat untuk melakukan perputaran di area *apron* faktor yang lain yang harus diperhitungkan adalah waktu yang dibutuhkan untuk pesawat masuk dan keluar.

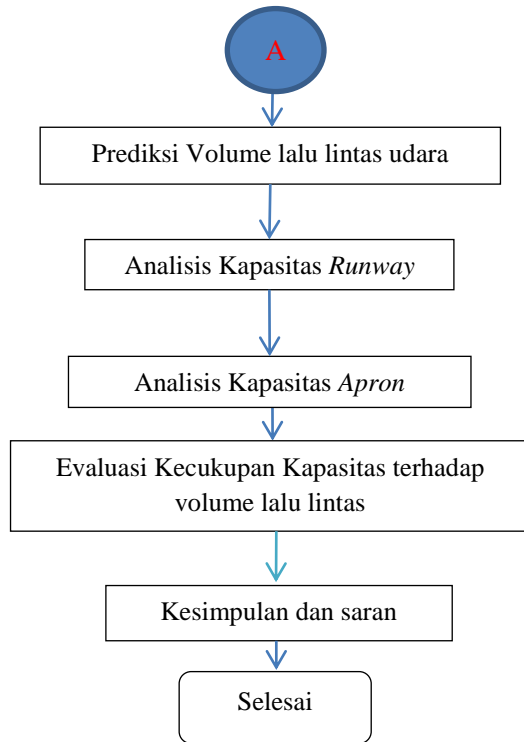
“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi penulisan Tugas Akhir ini mengikuti bagan alir pada gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan sarana yang dapat membantu dalam mengerjakan tugas akhir ini, sumber dari studi literatur ini berasal dari buku-buku, internet, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan tugas akhir ini yaitu meliputi perencanaan bandara serta perencanaan *runway*.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam proses perhitungan antara lain mencakup lalu lintas pe sawat, penumpang dan barang, dimensi *runway* dan dimensi *apron*, dan data-data yang diperlukan dalam perhitungan kapasitas *runway* dan *apron*.

3.4 Prediksi Volume Lalu Lintas

Prediksi lalu lintas bertujuan untuk menentukan pertumbuhan yang akan terjadi di masa mendatang menyangkut data lalu lintas udara berdasarkan data lalu lintas udara yang sudah ada sebelumnya menggunakan metode yang sudah ditentukan.

3.5 Analisis Kapasitas *Runway*

Analisis kapasitas *runway* adalah tahap melakukan perhitungan kapasitas *runway* eksisting bandara dan perhitungan kapasitas *runway* bandara rencana dengan data pesawat sesuai dengan traffic pesawat yang diijinkan oleh pihak bandara .

3.6 Analisis Kapasitas *Apron*

Analisi kapasitas apron adalah tahapan menghitung kapasitas *apron* dengan pendekatan analisis perhitungan kapasitas *runway* sehingga didapatkan dimensi *apron* yang sesuai dengan lalu lintas yang terjadi.

3.7 Evaluasi kecukupan kapasitas terhadap volume lalu lintas

Setelah mendapatkan nilai dari lalu lintas udara, kapasitas *runway*, dan kapasitas *apron* maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan evaluasi terhadap kecukupan,

apakah lalu lintas yang terjadi masih cukup ditampung oleh *runway* dan *apron*.

3.8 Kesimpulan dan saran

Hasil yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah *runway* dan *apron* cukup dalam menampung lalu lintas udara hingga kedepannya. Kesimpulan yang ingin didapatkan dari tugas akhir ini adalah dimensi *runway* dan *apron* sesuai dengan lalu lintas udara.

BAB IV

ANALISA DATA

4.1 Kondisi Eksisting

Bandara Djalaluddin Gorontalo merupakan satu-satunya bandara yang ada di provinsi Gorontalo dari tahun ke tahun terus dilakukan pembenahan demi memenuhi kebutuhan akan kenyamanan dan efisiensi dalam bertransportasi khususnya bagi masyarakat provinsi Gorontalo dan sekitar, mengapa daerah sekitar karena tidak jarang ada masyarakat dari provinsi lain yang menggunakan fasilitas bandara Djalaluddin Gorontalo dikarenakan jarak menuju bandara di asal provinsi mereka lebih jauh dibandingkan menuju ke Gorontalo seperti provinsi Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Bandara Djalaluddin Gorontalo dijalankan oleh pemerintah dibawah Kementrian Perhubungan dengan jadwal penerbangan ditunjukan pada Tabel 4.1 dan tampilan website disajikan pada lampiran.

Data umum bandara Djalaluddin adalah sebagai berikut:

1. Informasi Umum
 - A. Nama bandar udara : Djalaluddin
 - B. Milik/pengelola : Direktorat Jenderal Perhubungan Udara
 - C. Lokasi bandar udara : Gorontalo
 - D. Arah dan jarak dari kota : 32 Km dari Pusat Kota
 - E. Elevasi/referensi temperature : 18 ft / 32⁰ c
 - F. Jenis traffic yang diizinkan : Max Boeing 737 900 ER dan MD90
 - G. Jam operasi : Senin 08.00 – Jum'at 16.00
2. Fasilitas Pokok Bandar Udara
 - A. Fasilitas Sisi Udara
 - a. Runway : 2500 m x 45 m
 - b. Taxiway : 107.5 m x 23 m x 2

- c. Apron : 230 m x 80 m
- d. Strip : 3050 m x 150 m
- e. RESA : 90 m x 60 m x 2
- f. Shoulder : ada, rumput
- g. Marka : ada
- B. Fasilitas Sisi Darat
 - a. Bangunan terminal penumpang : ada
 - b. Bangunan terminal kargo : tidak ada
 - c. Bangunan operasi : ada
 - d. Bangunan penunjang : ada

Tabel 4.1 Frekuensi Pesawat Bandara Djalaluddin Gorontalo

No	Tujuan	Maskapai	Jenis Pesawat	Frekuensi/ Hari
1	Manado	Wings Air	DHC-8 Dash 8	1
2	Manado	Lion Air	DHC-8 Dash 8	1
3	Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	2
4	Jakarta	Sriwijaya Air	Boeing 737 500	1
5	Ujung Pandang	Garuda Indonesia	Boeing 737 800	1
6	Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	2*
7	Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	2*

**untuk penerbangan dengan pesawat ATR frekuensinya adalah 2 kali penerbangan per hari tetapi tidak terjadi setiap hari dalam satu minggu*

(Sumber: <http://www.flightstats.com>)

4.2 Analisis Perkiraan Lalu Lintas Udara

Perhitungan lalu lintas udara dilakukan untuk mengetahui bagaimana pertumbuhan lalu lintas yang terjadi di bandara

Djalaluddin dengan cara melakukan prediksi atau analisis lalu berdasarkan data lalu lintas yang sudah ada kemudian akan dilakukan prediksi data yang akan dianalisis antara lain adalah data lalu lintas pesawat, penumpang, bagasi, kargo, dan pos dengan periode prediksi hingga 10 tahun mendatang. Data lalu lintas yang digunakan adalah data yang didapatkan dari pihak dinas perhubungan provinsi Gorontalo kemudian akan dilakukan peramalan menggunakan metode regresi sesuai dengan bentuk kurva grafik data.

4.2.1 Arus Pesawat, Penumpang, Bagasi, Kargo dan Pos

Provinsi Gorontalo dari tahun ketahun mengalami perkembangan yang cukup pesat dan berdampak pada pertambahan arus lalu lintas yang terjadi di bandara Gorontalo, hal tersebut yang menjadi pertimbangan dalam melakukan evaluasi lalu lintas yang ada terdiri dari data pesawat, data penumpang pesawat, data bagasi, data kargo, dan data pos. Dari data tersebut maka akan diketahui bagaimana peningkatan lalu lintas yang terjadi. Data pesawat adalah data operasional yang dilakukan oleh pesawat di bandara Gorontalo meliputi keberangkatan dan kepergian, data penumpang adalah data jumlah orang yang menaiki pesawat meliputi penumpang datang, berangkat, dan transit tetapi data yang ada bersifat umum artinya meliputi semua jenis pesawat yang digunakan, data bagasi adalah data barang yang dapat diangkut di dalam pesawat, data kargo adalah data barang-barang yang diangkut pesawat, dan data pos adalah jumlah layanan pengiriman pos yang dilakukan oleh pesawat di bandara Djalaluddin Gorontalo.

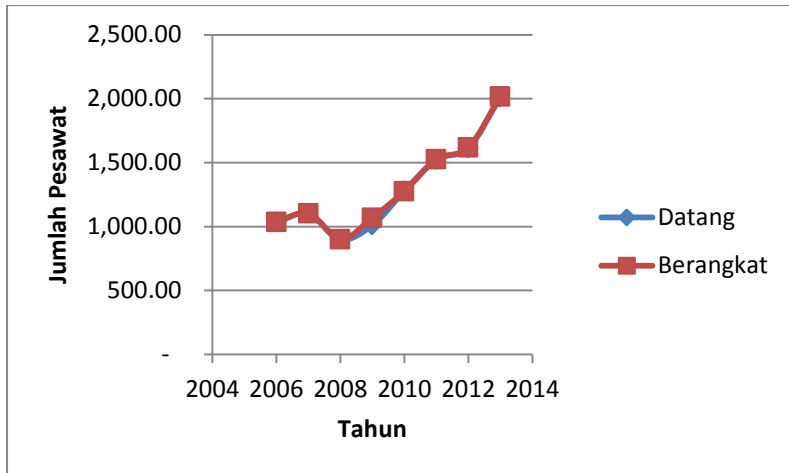
Untuk mengetahui seberapa pesat peningkatan atau penurunan lalu lintas yang terjadi di bandara Djalaluddin Gorontalo, data yang ditunjukan dalam bentuk tabel seperti sebelumnya tidaklah cukup oleh sebab itu dibutuhkan bentuk data lain yang dapat secara mudah menunjukan sebuah tren penurunan ataupun peningkatan seperti data dalam bentuk grafik.

Dari grafik menunjukkan bahwa data lalu lintas yang ada di bandara Djalaluddin Gorontalo mengalami peningkatan setiap tahunnya mulai dari data pesawat, data penumpang pesawat, dan data bagasi, untuk data kargo dan pos agak berbeda dengan yang lain karena pada tahun tertentu terdapat penurunan yang berlangsung selama beberapa tahun tetapi setelah itu mulai mengalami peningkatan pada tahun setelahnya.

Tabel 4.2 Pertumbuhan Pesawat Bandara Djalaluddin Gorontalo

No.	Tahun	Pesawat	
		Datang	Berangkat
1	2006	1,036.00	1,035.00
2	2007	1,103.00	1,102.00
3	2008	901.00	900.00
4	2009	1,011.00	1,069.00
5	2010	1,278.00	1,276.00
6	2011	1,524.00	1,526.00
7	2012	1,614.00	1,618.00
8	2013	2,013.00	2,016.00

(Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo)

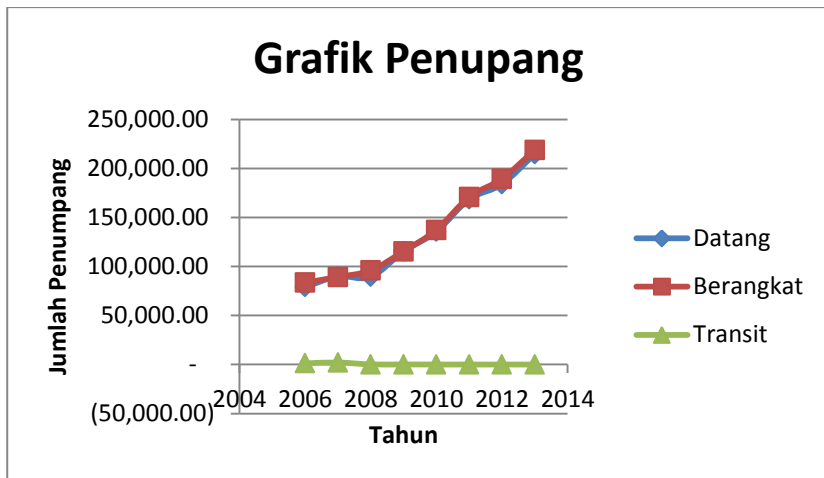


Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Pesawat

Tabel 4.3 Pertumbuhan Penumpang Bandara Djalaluddin Gorontalo

No.	Tahun	Penumpang		
		Datang	Berangkat	Transit
1	2006	79,021.00	83,599.00	1,176.00
2	2007	89,811.00	89,238.00	2,064.00
3	2008	89,358.00	96,000.00	124.00
4	2009	115,292.00	115,292.00	101.00
5	2010	135,489.00	137,188.00	-
6	2011	168,397.00	170,691.00	-
7	2012	183,906.00	189,351.00	-
8	2013	214,609.00	218,602.00	-

(Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo)

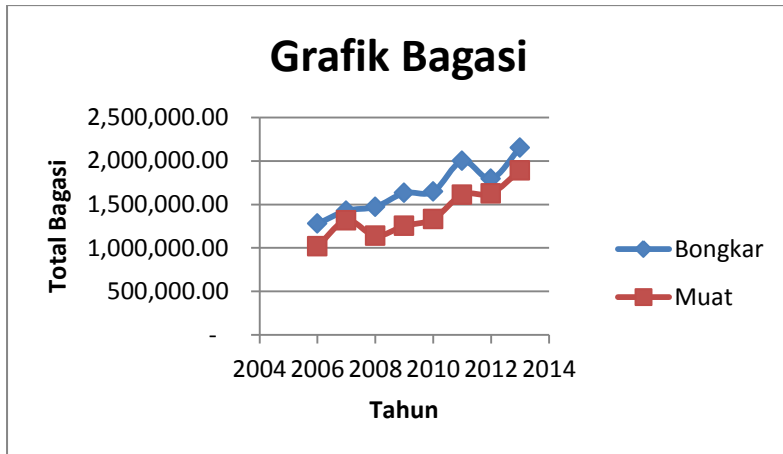


Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Penumpang

Tabel 4.4 Pertumbuhan Bagasi Bandara Djalaluddin Gorontalo

No.	Tahun	Bagasi (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2006	1,277,611.00	1,016,503.00
2	2007	1,427,764.00	1,315,504.00
3	2008	1,471,743.00	1,139,782.00
4	2009	1,631,217.00	1,253,580.00
5	2010	1,646,280.00	1,332,231.00
6	2011	1,999,000.83	1,611,639.82
7	2012	1,795,964.00	1,626,787.00
8	2013	2,151,985.00	1,891,236.00

(Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo)

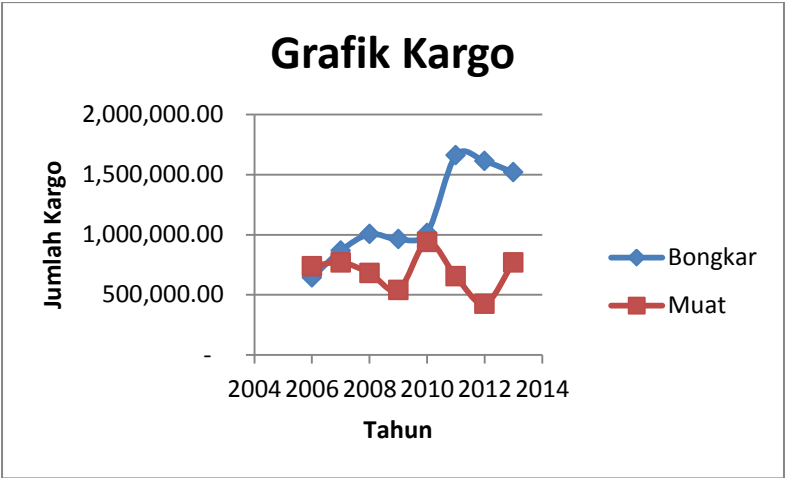


Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Bagasi

Tabel 4.5 Pertumbuhan Kargo Bandara Djalaluddin Gorontalo

No.	Tahun	Cargo (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2006	643,420.00	737,322.00
2	2007	866,598.00	769,417.00
3	2008	1,004,290.00	682,004.00
4	2009	962,495.00	539,023.00
5	2010	1,014,689.00	937,858.00
6	2011	1,659,016.20	653,605.00
7	2012	1,610,705.00	425,702.00
8	2013	1,518,429.00	769,963.00

(Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo)

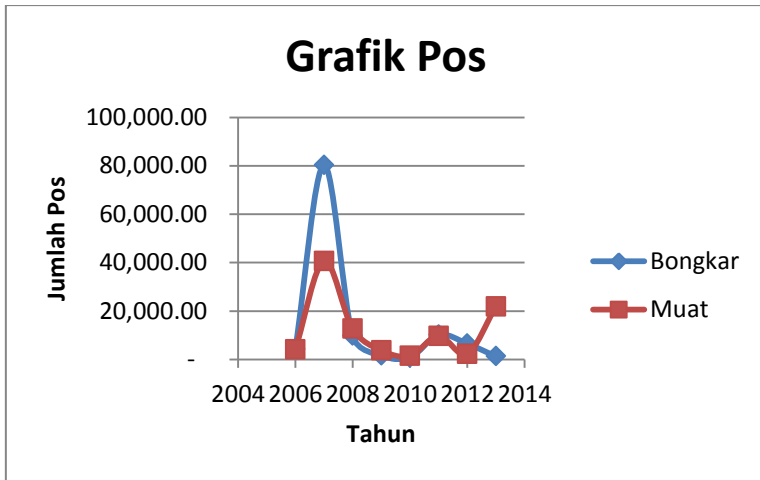


Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Kargo

Tabel 4.6 Pertumbuhan Pos Bandara Djalaluddin Gorontalo

No.	Tahun	Pos (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2006	4,289.00	4,134.00
2	2007	80,371.00	40,618.00
3	2008	9,813.00	12,819.00
4	2009	1,712.00	3,822.00
5	2010	763.00	1,479.00
6	2011	10,189.05	9,737.00
7	2012	6,568.00	2,290.00
8	2013	1,335.00	21,865.00

(Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo)



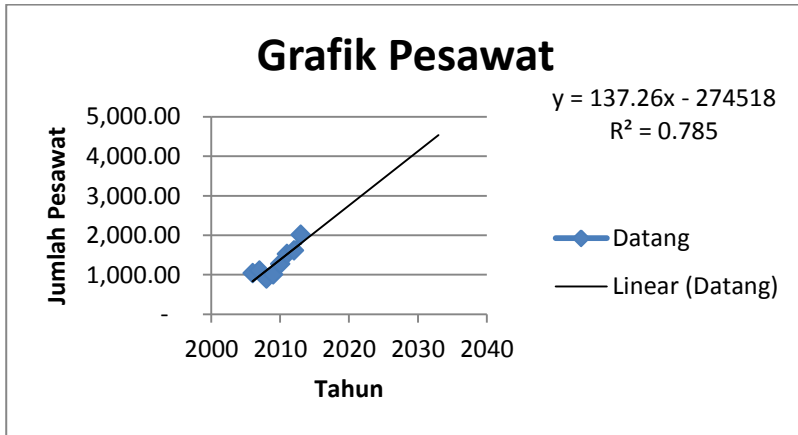
Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan Pos

4.2.2 Perkiraan Jumlah Pesawat, penumpang, Bagasi, Kargo dan Pos

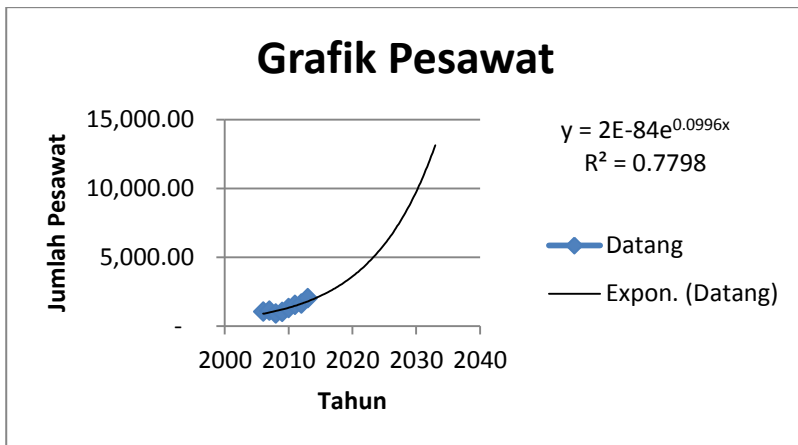
Dalam menentukan perkiraan jumlah maka metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode Ekstrapolasi garis kecenderungan yaitu metode melakukan perkiraan berdasarkan pada pola kecenderungan data yang sudah ada sebelumnya dalam hal ini adalah data grafik dengan melihat pola kecenderungan data tersebut maka akan menghasilkan garis kecenderungan seperti bentuk linear atau eksponensial dan dari garis tersebut akan didapatkan rumusan untuk menghitung jumlah yang diinginkan pada tahun yang diinginkan dalam hal ini sumbu x mewakili tahun dan sumbu y mewakili jumlah.

Dalam menentukan garis kecenderungan yang sesuai atau yang paling akurat cara yang paling mudah untuk mengetahuinya adalah dari garis tersebut akan didapatkan nilai koefisien penentu atau r^2 dari masing-masing garis dimana nilai yang paling besar maka garis tersebut yang paling akurat.

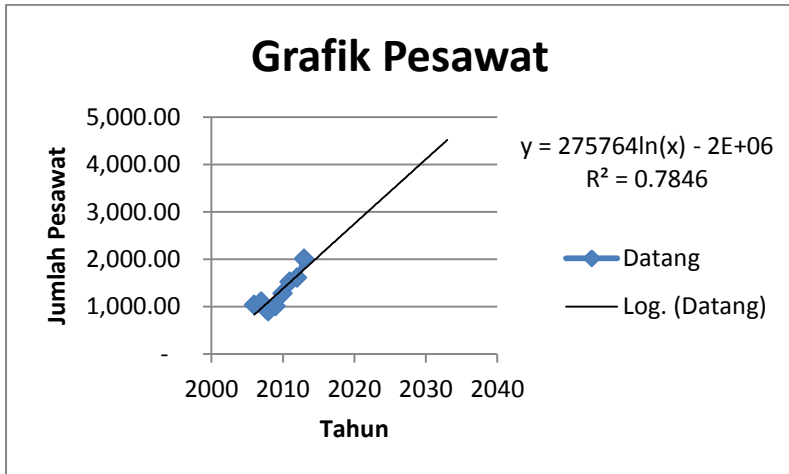
Pada gambar 4.6 menunjukan regresi menggunakan regresi linear didapatkan nilai y dengan memasukkan nilai x dan nilai r^2 adalah 0.785. menentukan regresi yang tepat maka akan dicoba semua kemungkinan regresi hingga mendapatkan nilai r^2 terbesar



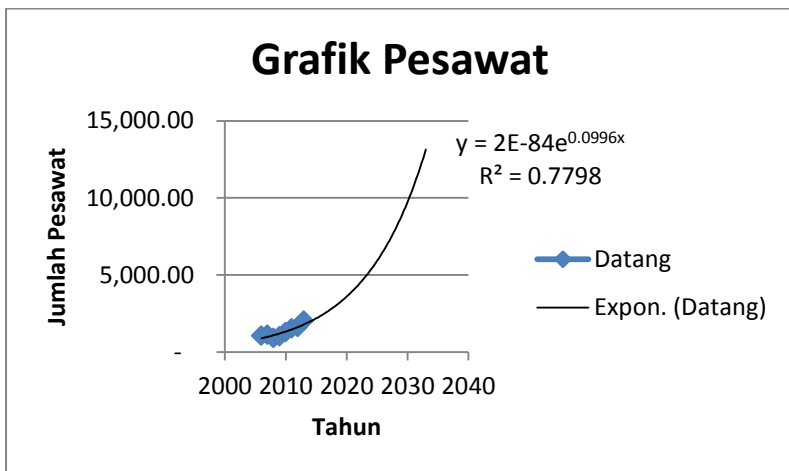
Gambar 4.6 Grafik Regresi Linear Kedatangan Pesawat



Gambar 4.7 Grafik Regresi Eksponensial Kedatangan Pesawat



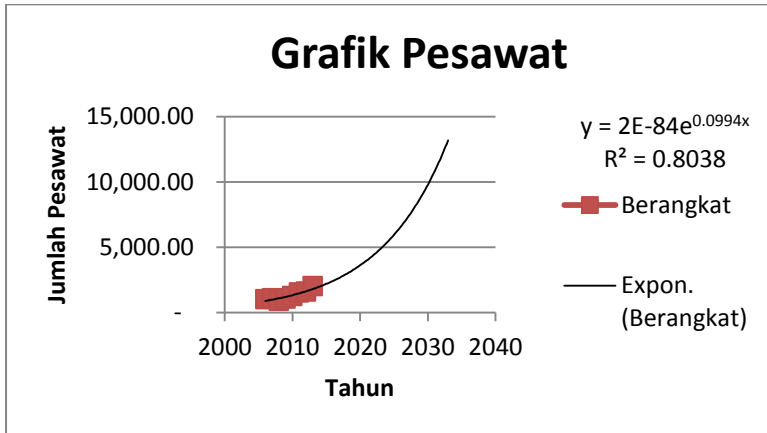
Gambar 4.8 Grafik Regresi Logaritma Kedatangan Pesawat



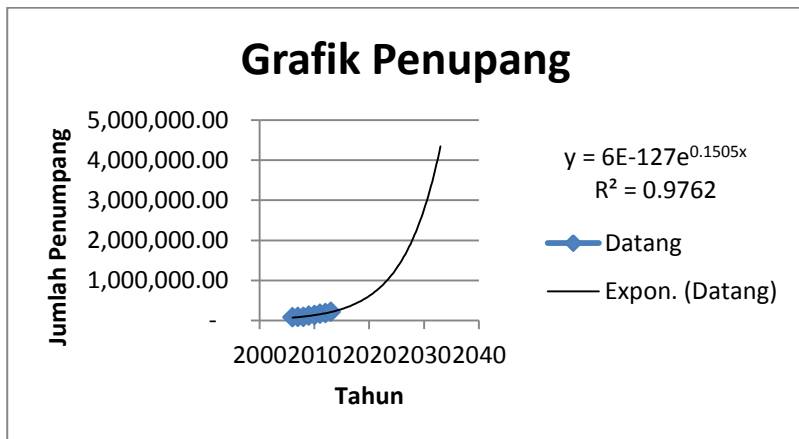
Gambar 4.9 Grafik Regresi Polinomial Kedatangan Pesawat

Dari percobaan regresi diketahui bahwa regresi menggunakan Polinomial mendapatkan nilai r^2 terbesar yaitu

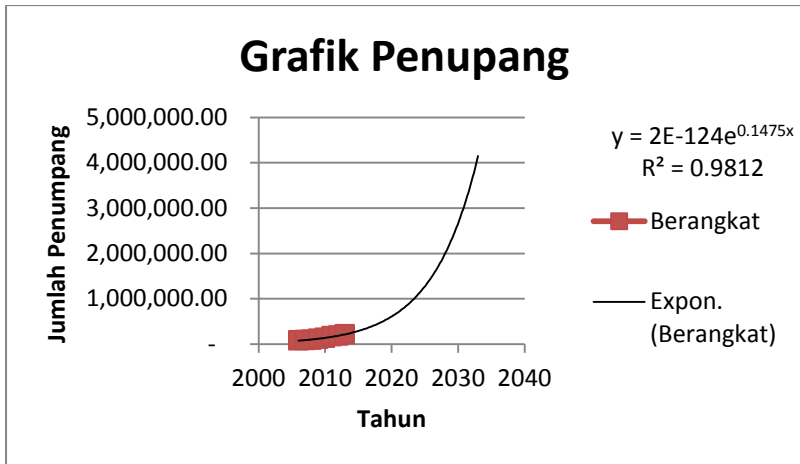
0.9534. cara yang sama juga digunakan untuk setiap jenis data kedatangan, keberangkatan, bongkar, serta muat.



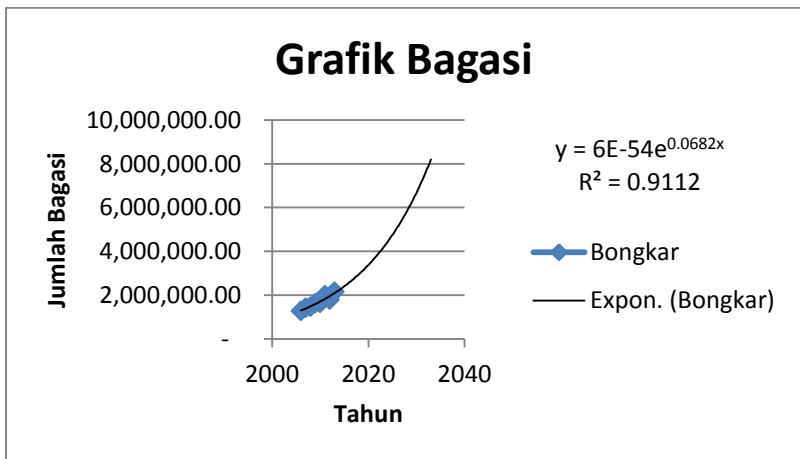
Gambar 4.10 Grafik Regresi Eksponensial Keberangkatan Pesawat



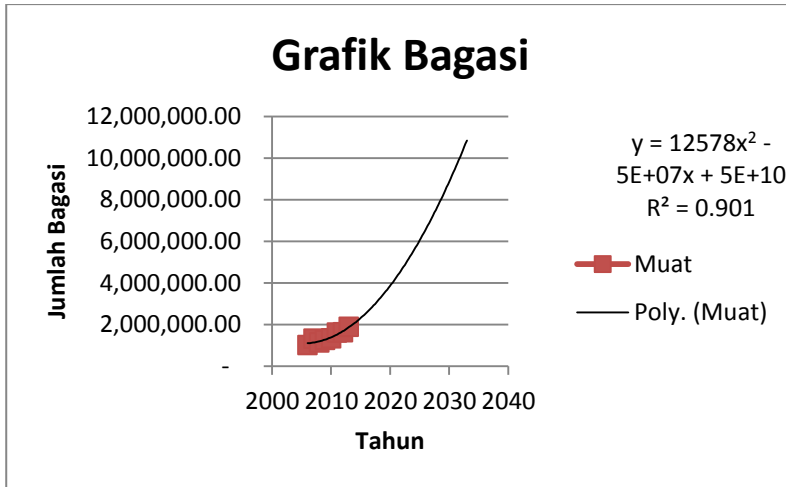
Gambar 4.11 Grafik Regresi Kedatangan Penumpang



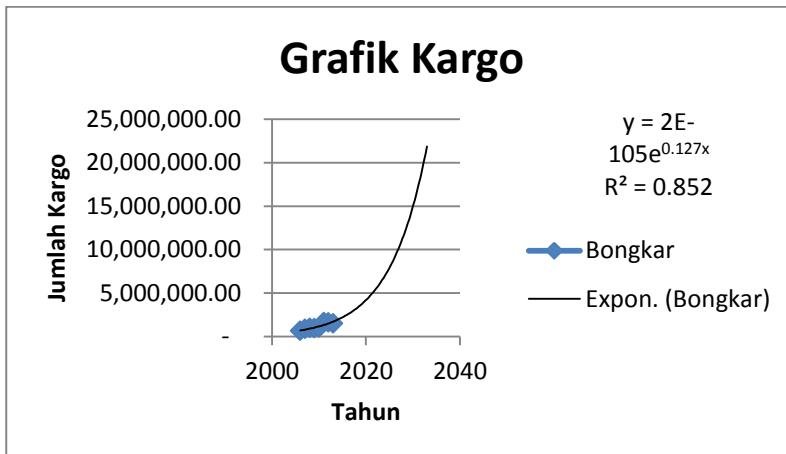
Gambar 4.12 Grafik Regresi Keberangkatan Penumpang



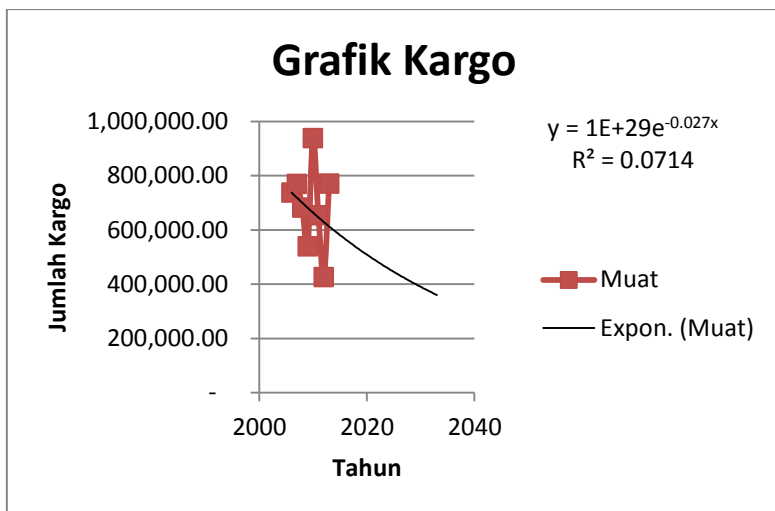
Gambar 4.13 Grafik Regresi Bongkar Bagasi



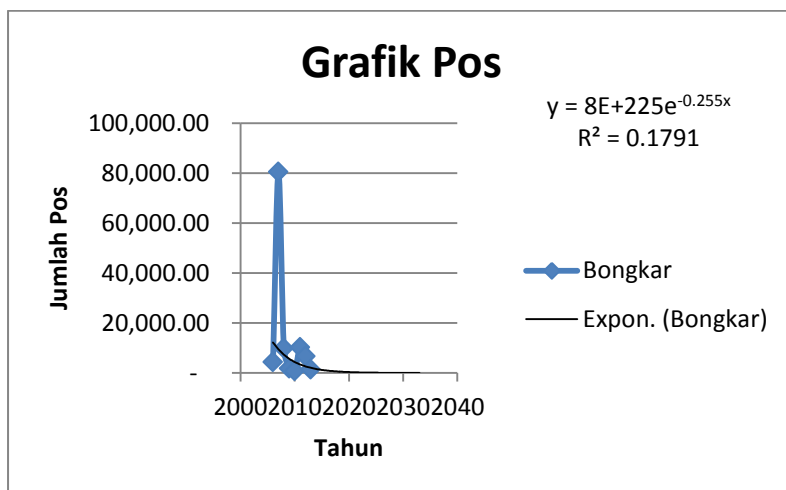
Gambar 4.14 Grafik Regresi Muat Bagasi



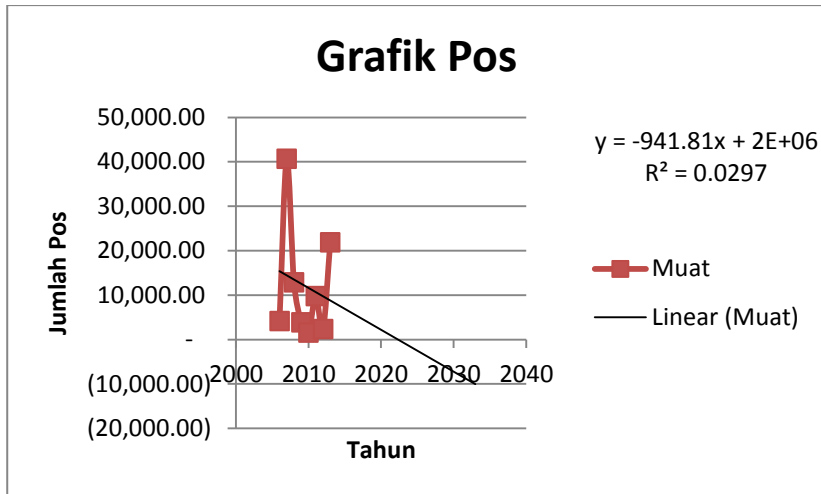
Gambar 4.15 Grafik Regresi Bongkar Kargo



Gambar 4.16 Grafik Regresi Muat Kargo



Gambar 4.17 Grafik Regresi Bongkar Pos



Gambar 4.18 Grafik Regresi Muat Pos

Dari hasil analisa grafik lalu lintas yang terjadi di bandara Djalaluddin Gorontalo maka didapatkan garis kecenderungan atau regresi terhadap grafik dan menghasilkan suatu rumus yang dapat menentukan jumlah lalu lintas yang akan terjadi di tahun-tahun berikutnya untuk data penumpang jenis transit sudah tidak dimasukan lagi dikarenakan fungsi dari bandara Djalaluddin itu sendiri yang memang sudah tidak mengalami keadaan penumpang yang transit. Untuk lebih mudah maka hasil analisa grafik disajikan dalam bentuk tabel 4.7

Tabel 4.7 Rekapitulasi Rumus Regresi Grafik

No	Jenis Lalu Lintas	Tipe	Rumus
1	Pesawat	Datang	$y = 2E-84e^{0.0996x} \approx Y = 2x10^{-84}e^{0.0996X}$
		Berangkat	$y = 2E-84e^{0.0994x} \approx Y = 2x10^{-84}e^{0.0994X}$
2	Penumpang	Datang	$y = 6E-127e^{0.1505x} \approx Y = 6x10^{-127}e^{0.1505X}$
		Berangkat	$y = 2E-124e^{0.1475x} \approx Y = 2x10^{-124}e^{0.1475X}$
3	Bagasi	Bongkar	$y = 6E-54e^{0.0682x} \approx Y = 6x10^{-54}e^{0.0682X}$
		Muat	$y = 12578.54x^2 - 50442716.6x + 50573921563,44$
4	Kargo	Bongkar	$y = 2E-105e^{0.127x} \approx Y = 2x10^{-105}e^{0.127X}$
		Muat	$y = 1E+29e^{-0.027x} \approx Y = 1x10^{29}e^{-0.027X}$
5	Pos	Bongkar	$y = 8E+225e^{-0.255x} \approx Y = 8x10^{225}e^{-0.255X}$
		Muat	$y = -941.81x + 1,904,661.74$

Dari rumus-rumus yang telah didapatkan sebelumnya dari hasil regresi maka dapat ditentukan nilai y yaitu jumlah lalu lintas yang terjadi pada tahun x . peramalan yang dilakukan adalah peramalan dengan jangka waktu hingga 10 tahun mendatang yaitu hingga tahun 2025. Dengan hasil disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8 Rekapitulasi Jumlah Pesawat

No.	Tahun	Pesawat	
		Datang	Berangkat
1	2010	1,278.00	1,276.00
2	2011	1,524.00	1,526.00
3	2012	1,614.00	1,618.00
4	2013	2,013.00	2,016.00
5	2014	1,975.23	1,750.40
6	2015	2,181.79	1,933.33
7	2020	3,587.46	3,177.97
8	2025	5,898.77	5,223.90

Tabel 4.9 Rekapitulasi Jumlah Penumpang

No.	Tahun	Penumpang	
		Datang	Berangkat
1	2010	135,489.00	137,188.00
2	2011	168,397.00	170,691.00
3	2012	183,906.00	189,351.00
4	2013	214,609.00	218,602.00
5	2014	260,524.62	206,405.02
6	2015	302,837.81	239,209.65
7	2020	642,712.42	500,116.15
8	2025	1,364,028.02	1,045,593.94

Tabel 4.10 Rekapitulasi Jumlah Bagasi

No.	Tahun	Bagasi (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2010	1,646,280.00	1,332,231.00
2	2011	1,999,000.83	1,611,639.82
3	2012	1,795,964.00	1,626,787.00
4	2013	2,151,985.00	1,891,236.00
5	2014	2,695,150.08	3,313,964.88
6	2015	2,885,372.16	3,550,185.94
7	2020	4,057,852.49	5,108,647.44
8	2025	5,706,774.00	7,296,035.94

Tabel 4.11 Rekapitulasi Jumlah Kargo

No.	Tahun	Cargo (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2010	1,014,689.00	937,858.00
2	2011	1,659,016.20	653,605.00
3	2012	1,610,705.00	425,702.00
4	2013	1,518,429.00	769,963.00
5	2014	2,421,051.28	242,066.48
6	2015	2,748,902.82	235,618.13
7	2020	5,187,240.49	205,863.31
8	2025	9,788,437.66	179,866.05

Tabel 4.12 Rekapitulasi Jumlah Pos

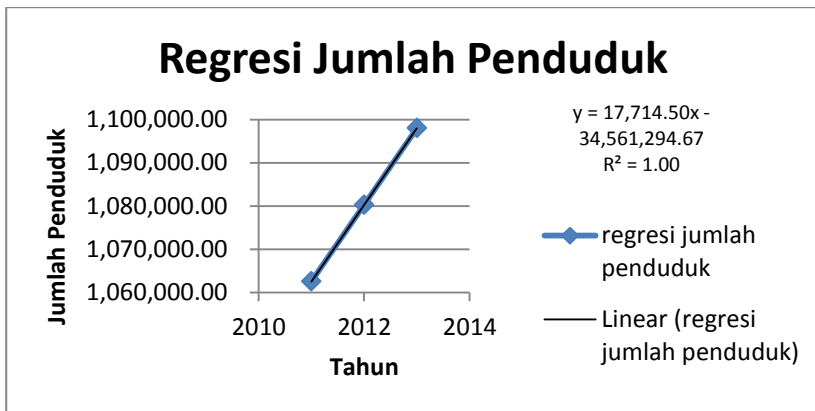
No.	Tahun	Pos (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2010	763.00	1,479.00
2	2011	10,189.05	9,737.00
3	2012	6,568.00	2,290.00
4	2013	1,335.00	21,865.00
5	2014	728.57	7856.4
6	2015	564.58	6914.59
7	2020	157.76	2205.54
8	2025	44.08	-2503.51

4.2.3 Metode *Shift Share* dalam Menentukan Jumlah Penumpang

Metode *shift share* adalah metode peramalan dengan mempertimbangkan kondisi pasar daerah yang akan dilakukan peramalan, dalam hal ini peramalan yang dilakukan di daerah Gorontalo adalah peramalan keinginan masyarakat Gorontalo dalam melakukan perjalanan menggunakan pesawat terbang dengan mempertimbangkan jumlah penduduk Gorontalo dan PDRB provinsi Gorontalo.

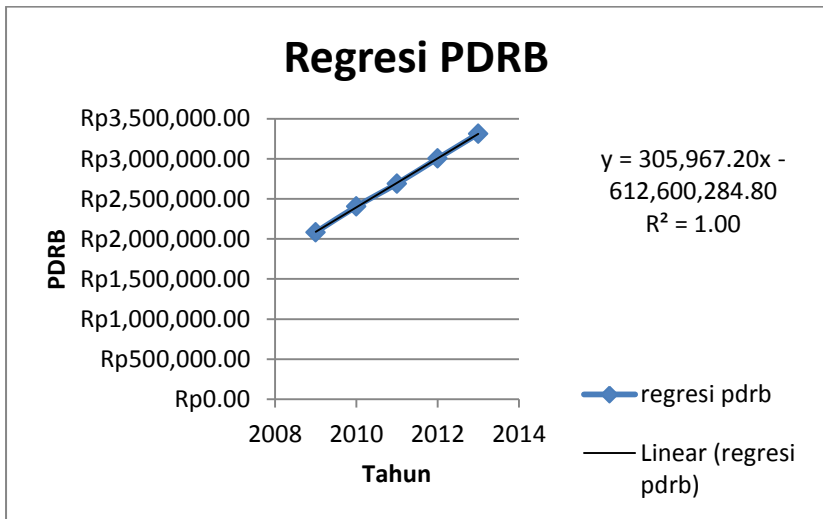
Dalam metode dilakukan regresi tetapi berbeda dengan yang sebelumnya yang menggunakan grafik dalam hal ini jumlah penumpang sebagai variabel terikat dan jumlah penduduk dan PDRB sebagai variabel bebas.

Dalam peramalan jumlah penduduk dan PDRB hingga ke tahun rencana digunakan pendekatan regresi grafik didasarkan pada kondisi data yang ada. Hasil peramalan jumlah penduduk dan PDRB dijabarkan dalam grafik Gambar 4.19 dan 4.20



Gambar 4.19 Grafik Regresi Jumlah Penduduk Provinsi Gorontalo

(Sumber: www.gorontalo.kab.bps.go.id)



Gambar 4.20 Grafik Regresi PDRB Provinsi Gorontalo
(Sumber: www.gorontalo.kab.bps.go.id)

Dari hasil regresi didapatkan nilai jumlah penduduk dan PDRB provinsi Gorontalo pada tahun rencana yaitu tahun 2025 kemudian dilakukan regresi berganda terhadap jumlah penumpang pesawat terbang yang disajikan pada Tabel 4.13 dengan hasil regresi terhadap penumpang yang datang dan berangkat sebagai berikut:

$$y_d = -829486.7836 + 0.0219 x_1 + 0.882 x_2$$

$$y_b = -866369.9392 + 0.0235 x_1 + 0.9152 x_2$$

Tabel 4.13 Rekapitulasi Jumlah Penumpang Metode *Shift Share*

No.	Tahun	PDRB	Jumlah Penduduk	Jumlah Penumpang	
		X1	X2	Datang	Berangkat
1	2010	Rp2,404,521.00	1,035,269.00	135,489.00	137,188.00
2	2011	Rp2,691,561.00	1,062,561.00	168,397.00	170,691.00
3	2012	Rp3,005,171.00	1,080,287.00	183,906.00	189,351.00
4	2013	Rp3,313,515.00	1,097,990.00	214,609.00	218,602.00
5	2014	Rp3,617,656.00	1,105,459.98	224,755.58	230,361.95
6	2015	Rp3,923,623.20	1,123,739.00	247,578.36	254,281.14
7	2020	Rp5,453,459.20	1,219,769.03	365,780.25	378,118.96
8	2025	Rp6,983,295.20	1,324,005.38	491,220.12	509,467.22

Dalam melakukan peramalan jumlah penumpang di bandara Djalaluddin Gorontalo dilakukan menggunakan dua metode yaitu metode regresi garis kecenderungan dan metode *Shift share* hal ini akan menghasilkan dua hasil yang berbeda untuk itu maka akan dilakukan pemilihan data yang sesuai, dalam hal ini pemilihan jumlah data didasarkan pada hasil akhir data dimana hasil yang dipilih adalah data dengan jumlah yang paling besar dengan alasan akan lebih aman jika kedepannya peramalan yang terjadi tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hasil rekapitulasi data dua metode tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 4.14 untuk jumlah penumpang datang dan tabel 4.15 untuk jumlah penumpang berangkat.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Jumlah Penumpang Datang

No.	Tahun	Jumlah Penumpang Datang	
		Metode Regresi	Metode <i>Shift Share</i>
1	2015	302,837.81	247,578.36
2	2020	642,712.42	365,780.25
3	2025	1,364,028.02	491,220.12

Tabel 4.15 Rekapitulasi Jumlah Penumpang Berangkat

No.	Tahun	Jumlah Penumpang Berangkat	
		Metode Regresi	Metode <i>Shift Share</i>
1	2015	239,209.65	254,281.14
2	2020	500,116.15	378,118.96
3	2025	1,045,593.94	509,467.22

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil peramalan menggunakan metode regresi menghasilkan jumlah penumpang yang lebih banyak dibandingkan dengan jumlah penumpang menggunakan metode *Shift share* sehingga jumlah penumpang yang digunakan nantinya adalah jumlah penumpang dengan metode regresi.

4.2.4 Konversi Lalu lintas di Bandara

Setelah didapatkan peramalan jumlah lalu lintas yang ada di bandara mulai dari jumlah pesawat, penumpang, bagasi dan kargo maka untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan kapasitas air side bandara maka akan dilakukan konversi menjadi lalu lintas pesawat. Jumlah yang akan di konversi meliputi jumlah penumpang, jumlah bagasi dan jumlah kargo.

Metode yang digunakan dalam melakukan konversi adalah dengan melihat konfigurasi pesawat yang beroperasi di bandara Djalaluddin Gorontalo mulai dari kapasitas penumpang hingga kapasitas bagasi dan kargo kemudian jumlah yang ada disesuaikan dengan berapa jumlah pesawat yang harus beroperasi agar dapat menampung jumlah tersebut dan akan didapatkan jumlah pesawat.

Jenis pesawat yang beroperasi meliputi setiap jenis pesawat yang sudah tidak beroperasi, masih beroperasi dan diperkirakan akan beroperasi kedepannya. Untuk konfigurasi pesawat tersebut disajikan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Konfigurasi Berat Pesawat

Jenis Pesawat	Kapasitas	Payload
	Passengers	Kg
Pesawat yang Beroperasi		
DHC-8 Dash 8	50	3407
Boeing 737 800	184	20276
Boeing 737 500	138	15182
Boeing 737 400	146	18067
Boeing 737 300	128	16148
Boeing 737 200	115	11385
ATR 42 / ATR 72	72	5753
MD 90	172	17800
MD 80	172	21319
Pesawat yang akan Beroperasi		
Boeing 737 900	189	19831
Boeing 747	581	60949
A-300	336	47627

Data yang dibutuhkan untuk melakukan konversi menjadi jumlah lalu lintas pesawat adalah data kapasitas penumpang yaitu jumlah maksimum penumpang yang dapat ditampung atau jumlah kursi tersedia di sebuah pesawat terbang dan payload yaitu berat beban yang dapat ditampung pesawat yang meliputi berat penumpang, bagasi dan kargo. Data-data tersebut didapatkan dari berbagai sumber di internet yang berasal dari perusahaan pembuat pesawat yang bersangkutan.

Untuk menentukan jumlah pesawat yang dibutuhkan maka diperlukan data kapasitas kursi pesawat dan jenis pesawat yang beroperasi. Berdasarkan Tabel 4.1 pada tahun ini bandara Djalaluddin Gorontalo menerima penerbangan dari berbagai maskapai ke berbagai tujuan dengan jenis pesawat yang beroperasi adalah Boeing 737 800, Boeing 737 500, DHC-8 dan ATR 42

untuk jenis pesawat lainnya juga pernah beroperasi pada tahun-tahun sebelumnya. Perhitungan jumlah penumpang pesawat disajikan dalam bentuk Tabel 4.17

Tabel 4.17 Konfigurasi Kapasitas Pesawat

No	Jenis Pesawat	Kapasitas
		Passengers
1	DHC-8 Dash 8	50
2	Boeing 737 800	184
3	Boeing 737 500	138
4	Boeing 737 400	146
5	Boeing 737 300	128
6	Boeing 737 200	115
7	ATR 42 / ATR 72	72
8	MD 90	172
9	MD 80	172
Total		1177

Dari Tabel 4.16 didapatkan jumlah penumpang maksimum yang dapat ditampung oleh total 9 pesawat yang beroperasi adalah 1177 penumpang, dari hasil regresi garis kecenderungan pada tahun 2015 didapatkan jumlah penumpang adalah 302.838 untuk penumpang datang dan 239.210 untuk penumpang berangkat. Sehingga jumlah pesawat yang beroperasi dapat dihitung dengan cara.

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Datang} &= 9 \times (302.838 / 1177) \\ &= 2316 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Berangkat} &= 9 \times (239.210 / 1177) \\ &= 1830 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

- Tahun 2020

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Datang} &= 9 \times (642.713 / 1177) \\ &= 4915 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Berangkat} &= 9 \times (500.117 / 1177) \\ &= 3825 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

- Tahun 2025

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Datang} &= 9 \times (1.364.029 / 1177) \\ &= 10431 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Berangkat} &= 9 \times (1.045.594 / 1177) \\ &= 7996 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

Selain menentukan jumlah pesawat berdasarkan dari jumlah penumpang, metode lain yang akan digunakan adalah dengan menggunakan data bagasi dan kargo bandara Djalaluddin Gorontalo untuk mendapatkan jumlah pesawat metode ini yaitu melihat total kapasitas kargo dan bagasi dari pesawat yang beroperasi kemudian membandingkannya dengan lalu lintas bagasi dan kargo yang ada di bandara. Total kapasitas kargo dan bagasi didapatkan dari payload pesawat dikurangi dengan berat penumpang.

Contoh pada tipe pesawat Boeing 737 800 dengan spesifikasi kapasitas tempat duduk penumpang 184 kursi dan payload 20.276 kg. dengan asumsi berat penumpang 60 kg per orang.

$$\begin{aligned}\text{Payload} &= \text{Berat Total Penumpang} + \text{Berat Bagasi} + \text{Berat Kargo} \\ \text{Berat Total Bagasi dan Kargo} &= 20.276 \text{ kg} - (184 \text{ kursi} \times 60 \text{ kg})\end{aligned}$$

$$= 9236 \text{ kg}$$

Perhitungan Kapasitas untuk tipe pesawat lainnya disajikan pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Kapasitas Bagasi dan Kargo

Jenis Pesawat	Kapasitas	Berat Passengers	Berat Bagasi dan Kargo	Payload
	Passengers	Kg	Kg	Kg
Pesawat yang Beroperasi				
DHC-8 Dash 8	50	3000	407	3407
Boeing 737 800	184	11040	9236	20276
Boeing 737 500	138	8280	6902	15182
Boeing 737 400	146	8760	9307	18067
Boeing 737 300	128	7680	8468	16148
Boeing 737 200	115	6900	4485	11385
ATR 42 / ATR 72	72	4320	1433	5753
MD 90	172	10320	7480	17800
MD 80	172	10320	10999	21319
Total	1177	70620	58717	129337
Pesawat yang Diperkirakan akan Beroperasi				
Boeing 737 900	189	11340	8491	19831

Tabel 4.18 Lanjutan

Jenis Pesawat	Kapasitas	Berat Passengers	Berat Bagasi dan Kargo	Payload
	Passengers	Kg	Kg	Kg
Boeing 747	581	34860	26089	60949
A-300	336	20160	27467	47627
Total	1106	66360	62047	128407

Dari Tabel 4.18 didapatkan kapasitas bagasi dan kargo untuk masing-masing jenis pesawat nilai tersebut adalah berat yang dapat diangkut oleh sebuah pesawat untuk sekali perjalanan dari nilai tersebut maka kita bisa mengkonversinya menjadi jumlah pesawat yang beroperasi. Jika jenis pesawat yang akan dihitung adalah pesawat yang beroperasi dengan jumlah 9 jenis pesawat dengan asumsi seluruh kapasitas yang ada terpakai maka kapasitas yang dapat ditampung oleh 9 pesawat tersebut adalah 58717 kg. Maka untuk mendapatkan jumlah pesawat berdasarkan data bagasi dan kargo adalah berapa jumlah pesawat yang diperlukan untuk membawa berat total bagasi dan kargo bandara Djalaluddin Gorontalo. Sehingga bisa dibuat rumusan.

Berat Total Bagasi dan Kargo = Jumlah Pesawat x Kapasitas Bagasi dan Kargo

Untuk berat total bagasi dan kargo didapatkan dari penjumlahan hasil peramalan pada Tabel 4.10 dan 4.11. Untuk hasil penjumlahan dari data keduanya bisa dilihat pada Tabel 4.19 data Bongkar dimaksudkan pada data pesawat datang dan data muat untuk jenis pesawat Berangkat.

Tabel 4.19 Berat Total Bagasi dan Kargo

No.	Tahun	Bagasi dan Kargo (Kg)	
		Bongkar	Muat
1	2015	5,634,274.98	3,785,804.07
2	2020	9,245,092.98	5,314,510.75
3	2025	15,495,211.65	7,475,901.99

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Datang} &= 9 \times (5.634.275 / 58.717) \\ &= 864 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Berangkat} &= 9 \times (3.785.805 / 58.717) \\ &= 581 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

- Tahun 2020

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Datang} &= 9 \times (9.245.093 / 58.717) \\ &= 1418 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Berangkat} &= 9 \times (5.314.511 / 58.717) \\ &= 815 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

- Tahun 2025

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Datang} &= 9 \times (15.495.212 / 58.717) \\ &= 2376 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Pesawat Berangkat} &= 9 \times (7.475.902 / 58.717) \\ &= 1145 \text{ Pesawat}\end{aligned}$$

Dari hasil berbagai perhitungan didapatkan hasil jumlah pesawat yang berbeda-beda. Jumlah tersebut tetap harus dipertimbangkan karena dalam hal ini nilai peramalan lalu lintas

tidak selalu mendapatkan hasil yang akurat atau sesuai dengan yang akan terjadi di kondisi mendatang. Untuk hasil rekapitulasi lalu lintas pesawat untuk mempermudah maka disajikan dalam Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Lalu lintas Pesawat

No.	Tahun	Metode Regresi		Konversi Jumlah Penumpang		Konversi Jumlah Bagasi dan Kargo	
		Datang	Berangkat	Datang	Berangkat	Datang	Berangkat
1	2015	2,182	1,933	1,406	1,448	864	580
2	2020	3,587	3,178	1,641	1,672	1,417	815
3	2025	5,899	5,224	1,992	1,578	2,375	1,146

4.3 Analisa Pergerakan Pesawat dan Penumpang Pada Jam Sibuk

Setelah dilakukan analisa terhadap pertumbuhan lalu lintas yang terjadi maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa pada jam sibuk. Analisa pada jam sibuk adalah melakukan analisa pergerakan harian rencana sehingga dapat diketahui total pergerakan yang terjadi per harinya. Analisa ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan total pergerakan perhari pada bandara Djalaluddin sehingga nantinya bisa dilakukan analisis terhadap kecukupan operasi yang terjadi pada *runway* dan kapasitas *apron*.

Untuk menghitung pergerakan pesawat dan penumpang dibutuhkan data pergerakan lalu lintas yang terjadi setiap bulannya yang kemudian akan didapatkan rasio untuk menghitung pergerakan yang terjadi di jam sibuk. Data pergerakan didapatkan dari pihak Dinas Perhubungan Kota Gorontalo dengan periode data selama 4 tahun dari tahun 2010 sampai 2013. Data yang ditampilkan pada Tabel 4.21 merupakan data pergerakan pesawat

pada tahun 2013 atau data paling baru dari pihak Dinas perhubungan.

Tabel 4.21 Pergerakan Pesawat dan Penumpang Tahun 2013

Pergerakan Penumpang			
Bulan	Datang	Berangkat	Total
Januari	14,995	15,054	30,049
Februari	13,283	14,048	27,331
Maret	17,643	18,644	36,287
April	16,412	16,504	32,916
Mei	16,969	17,457	34,426
Juni	21,449	20,942	42,391
Juli	16,606	18,404	35,010
Agustus	19,371	19,372	38,743
September	19,193	18,587	37,780
Oktober	19,663	20,914	40,577
November	20,483	19,690	40,173
Desember	18,542	18,526	37,068
Total	214,609	218,142	432,751
Pergerakan Pesawat			
Bulan	Datang	Berangkat	Total
Januari	159	161	320
Februari	112	115	227
Maret	164	163	327
April	179	177	356
Mei	179	179	358
Juni	187	187	374

Tabel 4.21 Lanjutan

Pergerakan Pesawat			
Bulan	Datang	Berangkat	Total
Juli	166	166	332
Agustus	184	184	368
September	179	179	358
Oktober	186	185	371
November	169	169	338
Desember	149	151	300
Total	2013	2016	4029

Untuk mendapatkan bulan sibuk maka diperlukan perbandingan jumlah penerbangan setiap bulannya dengan rasio paling besar maka bulan dengan rasio tersebut merupakan bulan sibuk. Untuk mendapatkan rasio bulan sibuk digunakan rumus.

$$R_{\text{month}} = N_{\text{month}}/N_{\text{year}}$$

Dimana : R_{month} = Peak Mounth Ratio (Rasio bulan sibuk)
 N_{month} = Total pergerakan per bulan
 N_{year} = Total pergerakan per tahun

Contoh : R_{month} pada bulan Januari dengan pergerakan pada bulan tersebut sebanyak 320 dan total pergerakan pesawat pada tahun 2013 sebanyak 4029 maka didapatkan rasionya adalah sama halnya dengan perhitungan pada pergerakan penumpang Tabel 4.23.

$$R_{\text{month}} = 320/4029 = 0.0794$$

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat tentang rasio bulan sibuk tidak hanya memperhitungkan ratio dari satu tahun saja tetapi harus memperhitungkan juga rasio pada tahun-tahun yang lainnya. Untuk perhitungan rasio bulan sibuk disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Peak Mount Ratio Pergerakan Pesawat

Bulan\Tahun	Pergerakan Pesawat				Rasio			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Januari	189	209	283	320	0.0740	0.0685	0.0876	0.0794
Februari	199	218	257	227	0.0779	0.0715	0.0795	0.0563
Maret	247	272	274	327	0.0967	0.0892	0.0848	0.0812
April	214	266	262	356	0.0838	0.0872	0.0811	0.0884
Mei	218	270	266	358	0.0854	0.0885	0.0823	0.0889
Juni	216	256	266	374	0.0846	0.0839	0.0823	0.0928
Juli	226	272	270	332	0.0885	0.0892	0.0835	0.0824
Agustus	216	236	270	368	0.0846	0.0774	0.0835	0.0913
September	206	265	256	358	0.0807	0.0869	0.0792	0.0889
Oktober	222	258	248	371	0.0869	0.0846	0.0767	0.0921
November	206	257	260	338	0.0807	0.0843	0.0804	0.0839
Desember	195	271	320	300	0.0764	0.0889	0.0990	0.0745
Total	2554	3050	3232	4029	1	1	1	1

Dari hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.22 didapatkan rasio dari masing-masing bulan yang ternyata setiap tahunnya bulan sibuk terjadi tidak di satu bulan saja melainkan berganti-ganti dari tabel dapat dilihat bulan sibuk pada tahun 2013 terjadi pada bulan Juni dengan rasio 0.0928, dan pada tahun 2012 bulan sibuk terjadi pada bulan Desember dengan rasio sebesar 0.099. pergerakan pesawat yang terjadi pada bulan Juni 2013 adalah sebesar 374 pergerakan pesawat.

Karena keterbatasan data pergerakan yang didapatkan dari pihak Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo yang hanya menyediakan data pergerakan pesawat setiap bulan dan tidak adanya data mengenai pergerakan pesawat harian maka digunakan data yang bersumber dari <http://www.flightstats.com> yaitu data pergerakan pesawat pada tahun 2015 maka didapatkan data pergerakan pesawat Tabel 4.22 dengan nilai Peak Mount Ratio diambil yang terbesar yaitu 0.099 didapatkan pergerakan pada jam sibuk pada tahun 2015.

Tabel 4.23 Peak Mount Ratio Pergerakan Penumpang

Bulan\Tahun	Pergerakan Penumpang				Rasio			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
Januari	18,686	21,870	29,990	30,049	0.07	0.06	0.08	0.07
Februari	20,641	24,516	27,501	27,331	0.08	0.07	0.07	0.06
Maret	24,693	28,400	29,498	36,287	0.09	0.08	0.08	0.08
April	23,541	26,106	29,695	32,916	0.09	0.08	0.08	0.08
Mei	24,580	30,070	31,294	34,426	0.09	0.09	0.08	0.08
Juni	25,023	29,329	33,407	42,391	0.09	0.09	0.09	0.10
Juli	24,717	34,035	31,791	35,010	0.09	0.10	0.09	0.08
Agustus	21,105	23,477	30,720	38,743	0.08	0.07	0.08	0.09
September	23,692	32,741	32,654	37,780	0.09	0.10	0.09	0.09
Oktober	25,431	33,291	32,052	40,577	0.09	0.10	0.09	0.09
November	24,048	27,051	31,444	40,173	0.09	0.08	0.08	0.09
Desember	16,520	28,202	33,211	37,068	0.06	0.08	0.09	0.09
Total	272,6	339,08	373,25	432,75	1	1	1	1

Tabel 4.24 Pergerakan Pesawat Harian

Hari	Pergerakan
Senin	10
Selasa	6
Rabu	10
Kamis	6
Jumat	10
Sabtu	6
Minggu	6
Total	54

(Sumber: <http://www.flightstats.com>)

a. Pergerakan Pesawat tahun 2015 adalah :

- Menghitung pergerakan per bulan

$$\begin{aligned}
 N_{\text{month}} &= R_{\text{month}} \times N_{\text{year}} \\
 &= 0.099 \times (2182+1933) \\
 &= 407 \text{ pergerakan}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Pergerakan per hari

$$R_{\text{day}} = N_{\text{day}} / N_{\text{month}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 R_{\text{day}} &= \text{Peak Day Ratio (Rasio Hari Sibuk)} \\
 N_{\text{day}} &= \text{Total pergerakan per hari} \\
 N_{\text{month}} &= \text{Total pergerakan per bulan}
 \end{aligned}$$

$$R_{\text{day}} = 10/407 = 0.025$$

b. Pergerakan Penumpang tahun 2015 adalah :

- Menghitung penumpang per bulan

$$\begin{aligned} N_{\text{month}} &= R_{\text{month}} \times N_{\text{year}} \\ &= 0.1 \times (302.838 + 239.210) \\ &= 54.205 \text{ Penumpang} \end{aligned}$$

- Menghitung penumpang per hari

Dengan asumsi banyaknya hari dalam sebulan adalah rata-rata 30.5 hari maka didapatkan rasio hari sibuk adalah $1/30.5 = 0.033$. sehingga didapatkan total penumpang perhari adalah

$$\begin{aligned} N_{\text{day}} &= R_{\text{day}} \times N_{\text{month}} \\ &= 0.033 \times 54.205 \\ &= 1789 \text{ Penumpang} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan ratio pergerakan pesawat untuk masing-masing kondisi yaitu :

1. R_{month} = Peak Month Ratio = 0.099
2. R_{day} = Peak Day Ratio = 0.025

Dari perhitungan didapatkan jumlah penumpang untuk masing-masing kondisi yaitu :

1. N_{month} = Total per bulan = 54.205 Penumpang
2. N_{day} = Total per hari = 1789 Penumpang

Dari rasio tersebut selanjutnya akan digunakan dalam menghitung pergerakan pada tahun rencana yaitu pada tahun 2015, 2020 dan tahun 2025. Yang selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.25 dan 4.26.

Tabel 4.25 Pergerakan Pesawat Tahun Rencana

Tahun	Pergerakan Pesawat		
	Tahun	Bulan	Hari
2015	4,115	407	10
2020	6,765	670	17
2025	11,123	1,101	28

Tabel 4.26 Pergerakan Penumpang Tahun Rencana

Tahun	Pergerakan Penumpang		
	Tahun	Bulan	Hari
2015	542,047	54,205	1,789
2020	1,142,829	114,283	3,771
2025	2,409,622	240,962	7,952

4.4 Menghitung Kapasitas *Runway*

Runway atau landasan pacu adalah faktor penting pada sebuah bandara karena disitulah tempat terjadinya proses operasional pesawat seperti *takeoff* dan *landing*. Dalam penggunaan runway terdapat aturan-aturan dasar yang berasal dari federasi penerbangan internasional yang bertujuan agar selama proses operational tersebut keamanan tetapi terjaga karena proses operasional sebuah pesawat berhubungan dengan banyak nyawa manusia sehingga hal – hal seperti ini harus diperhatikan. Aturan-aturan pengurutan dasar yang digunakan untuk melayani pesawat terbang adalah (Horonjeff dan Mckelvey, 1988):

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan di *runway* pada saat bersamaan.

2. Pesawat yang datang diberi prioritas untuk menggunakan *runway* daripada pesawat yang berangkat.
3. Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

Selain itu terdapat pula aturan-aturan pengoperasian suatu *runway* yang digunakan untuk melayani kedatangan dan keberangkatan (Airborne Instruments Laboratory):

1. Kedatangan mempunyai prioritas daripada keberangkatan.
2. Hanya satu pesawat dapat berada di *runway* pada sembarang waktu.
3. Keberangkatan tidak dapat dilaksanakan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu dari ambang landasan pacu, biasanya 2 nmi dalam kondisi IFR.
4. Keberangkatan yang berurutan diatur sehingga pemisahan waktu minimumnya sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.

Perhitungan kapasitas *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut (Horonjeff dan McKelvey, 1988):

1. Campuran pesawat terbang, yang biasanya diberi karakter oleh penggabungan pesawat kedalam beberapa kelas menurut kecepatan mendekati *runway*. Pesawat yang akan *takeoff* tidak dihitung karena *clearance time* yaitu sebesar 120 detik.
2. Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kelas pesawat.

3. Panjang jalur pendekatan umum ke landasan dari jalur masuk (*entry*) atau gerbang ILS ke ambang *runway*.
4. Aturan-aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan.
5. Besarnya kesalahan dalam waktu kedatangan di gerbang dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umum ke *runway*.
6. Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima.
7. Waktu pemakaian *runway* rata-rata berbagai kelas pesawat dalam campuran dan besarnya pencaran dalam waktu rata-rata tersebut.

4.4.1 Kapasitas *Runway* Kondisi Eksisting Tahun 2015

Dalam menghitung kapasitas *runway* dibutuhkan data berupa spesifikasi pesawat yang kemudian dikelompokkan menjadi beberapa kategori pesawat berdasarkan *approach speed* atau kecepatan pendekatan, Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Kategori Pesawat Berdasarkan pada Kecepatan Pendekatan

Kategori	Approach Speed (kn)
A	<91 Knots
B	91 - 120
C	121 - 140
D	141 - 166
E	>166

(Sumber: Horonjeff dan Mckelvey, 1988)

Untuk jenis pesawat yang beroperasi dilihat pada hari paling sibuk di bandara yang bisa dilihat pada Tabel 4.24, penerbangan pada hari senin, rabu, dan jumat adalah penerbangan paling banyak sehingga diambil kondisi jadwal operasi pesawat pada hari-hari tersebut. Untuk jadwal keberangkatan serta kedatangan dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan Tabel 4.29

Tabel 4.28 Jadwal Keberangkatan Pesawat

Tujuan	Maskapai	Pesawat	Waktu Keberangkatan
Manado	Wings Air	DHC-8 Dash 8	5:30
Manado	Lion Air	DHC-8 Dash 8	5:30
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	6:10
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	11:15
Jakarta	Sriwijaya Air	Boeing 737 500	11:20
Ujung Pandang	Garuda Indonesia	Boeing 737 800	13:50
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:35

(Sumber: <http://www.flightstats.com>)

Tabel 4.29 Jadwal Kedatangan Pesawat

Asal	Maskapai	Pesawat	Waktu Kedatangan
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	6:40
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	6:40
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	10:35

Tabel 4.29 Lanjutan

Asal	Maskapai	Pesawat	Waktu Kedatangan
Ujung Pandang	Sriwijaya Air	Boeing 737 500	10:50
Ujung Pandang	Garuda Indonesia	Boeing 737 800	13:00
Luwuk	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:10
Luwuk	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:10
Manado	Wings Air	DHC-8 Dash 8	16:10
Manado	Lion Air	DHC-8 Dash 8	16:10
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	18:40

(Sumber: <http://www.flightstats.com>)

Dari jadwal tersebut terdapat beberapa jenis pesawat yang selanjutnya dalam melakukan perhitungan kapasitas *runway* diperlukan data berupa *takeoff speed* dan *landing*. Untuk nilai masing-masing tipe pesawat bisa dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Klasifikasi Terhadap Kecepatan Pesawat

Pesawat	<i>Takeoff Speed</i> (kn)	<i>Landing Speed</i> (kn)	<i>Approach Speed</i> (kn)	Kategori
DHC-8 Dash 8	110	110	160	B
Boeing 737 800	145	140	210	D
Boeing 737 500	139	128	210	C
ATR 42 / ATR 72	115	114	160	B

1. Kedatangan Saja

Dalam melakukan perhitungan kapasitas *runway* terdapat beberapa tahapan dalam melakukan perhitungan yang pertama adalah menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan mengalami kedatangan saja dengan beberapa keadaan yaitu:

a. Keadaan Bebas Kesalahan

Berdasarkan aturan yang dikeluarkan oleh FAA mengenai aturan pemisahan jarak pesawat yang ada pada BAB 2 pesawat yang beroperasi di Bandara Djalaluddin Gorontalo termasuk pada pesawat kelas Large (L) dan Small (S) dengan beban pesawat dibawah dari 116 ton (255.000 lbs) sehingga antar pesawat harus terpisah dengan jarak 3 mil dan jalur pintu masuk ke landasan adalah berjarak 8 mil.

o Keadaan Merapat

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada pesawat yang di belakang (*trailing*, V_j).

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

- o Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori D, maka $\delta_{CD} = 3\text{mi}$, $V_C = 139$ knot dan $V_D = 145$ knot, didapatkan :

$$T_{CD} = \frac{3}{145} (3600) = 74.483 \text{ detik}$$

$$T_{BC} = \frac{3}{139} (3600) = 77.698 \text{ detik}$$

$$T_{BD} = \frac{3}{145} (3600) = 74.483 \text{ detik}$$

o Keadaan Merenggang

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i)

lebih cepat dibanding kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_i).

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

- Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 3\text{mi}$, $\gamma = 8\text{ mi}$, $V_C = 139\text{ knot}$ dan $V_D = 145\text{ knot}$, didapatkan :

$$\begin{aligned} T_{DC} &= \frac{3}{145}(3600) + 8 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 83.058 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{DB} &= \frac{3}{145}(3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 126.297 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{CB} &= \frac{3}{139}(3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) \\ &= 117.723 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Keadaan Sama Besar
Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) sama besar dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_i).
- Untuk pesawat kategori B didepan pesawat kategori B, maka $\delta_{BB} = 3\text{mi}$, $V_B = 115\text{ knot}$ dan $V_B = 115\text{ knot}$, didapatkan :

$$T_{BB} = \frac{3}{115}(3600) = 93.913 \text{ detik}$$

$$T_{CC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.698 \text{ detik}$$

$$T_{DD} = \frac{3}{145}(3600) = 74.483 \text{ detik}$$

Apabila hasil perhitungan interval waktu T_{ij} ditabulasikan kedalam matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ maka akan dihasilkan interval waktu minimum di ambang runway untuk semua keadaan yang disajikan pada matriks Tabel 4.31

Tabel 4.31 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	93.913	117.723	126.297
	C	77.698	77.698	83.058
	D	74.483	74.483	77.483

Dan untuk prosentase kombinasi pesawat $[P_{ij}]$ dapat dilihat pada Tabel 4.32. yang merupakan kombinasi matrik bebas kesalahan dengan persentase. Campuran pesawat berdasarkan kategorinya sesuai dengan jenis pesawat pada Tabel 4.28, didapatkan untuk pesawat kategori B memiliki persentase 60%,

kategori C memiliki persentase 10%, dan kategori D memiliki persentase 30%.

Tabel 4.32 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>			Probability, P _i
		B	C	D	
<i>trailing, V_i</i>	B	93.913	117.723	126.297	0.6
	C	77.698	77.698	83.058	0.1
	D	74.483	74.483	77.483	0.3
Probability, P _i		0.6	0.1	0.3	

$$\begin{aligned}
 E[t_{ij}] &= (93.913 \times 0.6 + 77.698 \times 0.1 + 74.483 \times 0.3)0.6 + \\
 &\quad (117.723 \times 0.6 + 77.698 \times 0.1 + 74.483 \times 0.3)0.1 + \\
 &\quad (126.297 \times 0.6 + 83.058 \times 0.1 + 77.483 \times 0.3)0.3 \\
 &= 94.151 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kapasitas runway untuk melayani hanya kedatangan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28 adalah.

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{94.151} (3600) = 38.2 \text{ operasi} = 38 \text{ kedatangan}$$

b. Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan mengasumsi pesawat yang sedang mendekati *runway* memiliki nilai posisi eror (σ_0) sebesar 20 detik dan berlaku untuk semua jenis pesawat dan aturan pemisahan minimum antar pesawat yang diperbolehkan adalah 5 persen maka didapatkan nilai q_v dari tabel statistik adalah 1.65.

○ Keadaan Merapat

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada pesawat yang di belakang (*trailing*, V_i).

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

○ Keadaan Merenggang

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) lebih cepat dibanding kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_i).

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

- Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 3\text{mi}$, $V_C = 139 \text{ knot}$ dan $V_D = 145 \text{ knot}$, didapatkan :

$$\begin{aligned} B_{DC} &= 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 29.785 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$B_{DB} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600)$$

$$= 13.570 \text{ detik}$$

$$B_{CB} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) \\ = 16.785 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar
Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) sama besar dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_i). Didapatkan nilai untuk keadaan ini dari perhitungan sebelumnya adalah 33 detik.

Nilai nilai yang sudah didapatkan tersebut kemudian dimasukan kedalam matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$, yang bisa dilihat pada Tabel 4.33

Tabel 4.33 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$

		<i>leading</i> , V_i		
		B	C	D
<i>trailing</i> , V_i	B	33	16.785	13.570
	C	33	33	29.785
	D	33	33	33

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$ maka akan didapatkan jarak waktu antar kedatangan pesawat sebenarnya di ambang *runway*

yaitu penjumlahan matrik $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ dengan hasilnya berupa matriks pada Tabel 4.34

Tabel 4.34 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	126.913	134.508	139.867
	C	110.698	110.698	112.843
	D	107.483	107.483	110.483

Apabila digabungkan dengan matriks persentase kombinasi pesawat $[P_{ij}]$ maka akan menghasilkan matriks kombinasi pada Tabel 4.35

Tabel 4.35 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>			Probability, P_i
		B	C	D	
<i>trailing, V_i</i>	B	126.913	134.508	139.867	0.6
	C	110.698	110.698	112.843	0.1

	D	107.483	107.483	110.483	0.3
Probability, P_i		0.6	0.1	0.3	

Sehingga didapatkan waktu antar kedatangan rata-rata adalah:

$$\begin{aligned}
 E[t_{ij}] &= \sum P_{ij} ([M_{ij}] + [B_{ij}]) \\
 &= (126.913 \times 0.6 + 110.698 \times 0.1 + 107.483 \times 0.3)0.6 + \\
 &\quad (134.508 \times 0.6 + 110.698 \times 0.1 + 107.483 \times 0.3)0.1 + \\
 &\quad (139.867 \times 0.6 + 112.843 \times 0.1 + 110.483 \times 0.3)0.3 \\
 &= 156.925 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Jadi didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja adalah:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{156.925} (3600) = 22.94 = 23 \text{ kedatangan}$$

2. Keberangkatan Saja

Langkah berikutnya dalam melakukan analisa kapasitas *runway* adalah menganggap *runway* hanya melakukan kegiatan keberangkatan pesawat saja dalam menentukan jarak pisah minimum digunakan nilai 120 detik dengan jenis pesawat yang berfungsi tipe Large (L) dan Small (S) pada Bab 2. Dan untuk persentase campuran pesawat menggunakan persentase sebelumnya pada Tabel 4.30.

Untuk menghitung lama waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway* menggunakan Persamaan 4.1

$$E[T_{td}] = \sum [p_{ij}][t_d] \quad (4.1)$$

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

Jadi kapasitas *runway* untuk melayani hanya keberangkatan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ operasi} = 30 \text{ keberangkatan}$$

3. Operasi Campuran

Setelah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* hanya melayani salah satu jenis operasi yaitu kedatangan saja atau keberangkatan saja maka langkah selanjutnya adalah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* melayani keduanya yaitu kedatangan dan keberangkatan atau menganalisa kapasitas *runway* disaat terjadi keberangkatan diantara dua kedatangan. Kondisi *runway* harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat.

Waktu pemakaian *runway* rata rata $E[R_i]$, merupakan jumlah perkalian persentase campuran pesawat dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori. Untuk waktu pemakaian *runway* digunakan data dari Tugas Akhir sebelumnya yang dapat di lihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Waktu Pemakaian Runway

Kategori Pesawat	Waktu Pemakaian Runway (detik)
B	62
C	67.4
D	64.5

(Sumber: Zadly, 2010)

$$E[R_i] = 0.6(62) + 0.1(67.4) + 0.3(64.5) = 63.29 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah :

$$E\left[\frac{\delta_d}{v_j}\right] = \left[0.6\left(\frac{2}{115}\right) + 0.1\left(\frac{2}{139}\right) + 0.3\left(\frac{2}{145}\right)\right] 3600 \\ = 57.642 \text{ detik}$$

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

Dari berbagai persamaan diatas maka dapat dihasilkan persamaan untuk menghitung waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan (Persamaan 4.2) dengan penambahan faktor kesalahan, yaitu:

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{v_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}] \quad (4.2)$$

Dari persamaan 4.2 Maka didapatkan waktu antar kedatangan, yaitu:

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{v_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}]$$

$$E[T_{ij}] > 63.29 + 57.642 + 33 + (1-1)120$$

$$E[T_{ij}] > 153.932 \text{ detik}$$

Waktu kedatangan didapatkan dari perhitungan kedatangan dalam keadaan kesalahan posisi yaitu selama 156.925

detik. Sedangkan waktu untuk melakukan satu kali keberangkatan adalah 120 detik. Sehingga terdapat selisih waktu antara keduanya yang dapat dilakukan untuk melakukan keberangkatan diantara dua kedatangan. Dalam setiap keadaan waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali keberangkatan harus lebih besar dari 153.932 detik sehingga dapat dilakukan kondisi tersebut. Kapasitas *runway* eksisting untuk operasi campuran dapat dihitung, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{153.932} (3600) = 23.39 = 23 \text{ keberangkatan}$$

4.4.2 Kapasitas *Runway* Tahap Pengembangan Tahun 2020

Pada perhitungan kapasitas *runway* sebelumnya karena merupakan kondisi tahap eksisting sehingga data-data yang digunakan merupakan data-data yang sudah ada dan dikeluarkan dari pihak terkait yang berhubungan dengan bandara pada kondisi ini metode yang akan digunakan adalah berupa asumsi-asumsi sesuai dengan pengembangan yang terjadi kedepannya.

Pada tahap pengembangan di tahun 2020 diasumsikan proyek perpanjangan *runway* telah selesai dan sudah bisa digunakan untuk pesawat beroperasi, pada tahap ini maka terjadi perubahan pada waktu pemakaian *runway*. Dengan asumsi bahwa *runway* menjadi lebih panjang dan jenis pesawat yang beroperasi masih sama seperti sekarang maka akan dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai *threshold* sehingga waktu pemakaian *runway* pun akan bertambah lama. Selain itu terdapat pula perubahan pada persentase campuran pesawat jika ditahun 2015 pesawat yang beroperasi per harinya adalah 10 pesawat pada tahun 2020 terdapat pertumbuhan jumlah pesawat yang beroperasi, berdasarkan Tabel 4.25 total pergerakan pesawat menjadi 17 pergerakan per hari dan juga dengan asumsi pada tahun mendatang untuk mengatasi lonjakan penumpang maka pemakaian jenis pesawat kecil dikurangi dan digantikan dengan pesawat yang

lebih besar. Untuk asumsi-asumsi yang digunakan lebih jelasnya disajikan pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Klasifikasi Pesawat Tahap Pengembangan

Pesawat	Takeoff Speed (kn)	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Persentase Jenis Pesawat (%)	Kategori
DHC-8 Dash 8	110	82	10	B
Boeing 737 800	145	84.5	40	D
Boeing 737 500	139	87.4	25	C
ATR 42 / ATR 72	115	82	25	B

1. Kedatangan Saja

Menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan mengalami kedatangan saja dengan beberapa keadaan yaitu:

a. Keadaan Bebas Kesalahan

Pesawat yang beroperasi di Bandara Djalaluddin Gorontalo termasuk pada pesawat kelas Large (L) dan Small (S) dengan beban pesawat dibawah dari 116 ton (255.000 lbs) sehingga antar pesawat harus terpisah dengan jarak 3 mil dan jalur pintu masuk ke landasan adalah berjarak 8 mil.

o Keadaan Merapat

Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori D, maka $\delta_{CD} = 3\text{mi}$, $V_C = 139\text{ knot}$ dan $V_D = 145\text{ knot}$, didapatkan :

$$T_{CD} = \frac{3}{145}(3600) = 74.483 \text{ detik}$$

$$T_{BC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.698 \text{ detik}$$

$$T_{BD} = \frac{3}{145}(3600) = 74.483 \text{ detik}$$

○ Keadaan Merenggang

Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 3\text{mi}$, $\gamma = 8 \text{ mi}$, $V_C = 139 \text{ knot}$ dan $V_D = 145 \text{ knot}$, didapatkan :

$$\begin{aligned} T_{DC} &= \frac{3}{145}(3600) + 8 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 83.058 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{DB} &= \frac{3}{145}(3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 126.297 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{CB} &= \frac{3}{139}(3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) \\ &= 117.723 \text{ detik} \end{aligned}$$

○ Keadaan Sama Besar

Untuk pesawat kategori B didepan pesawat kategori B, maka $\delta_{BB} = 3\text{mi}$, $V_B = 115 \text{ knot}$ dan $V_B = 115 \text{ knot}$, didapatkan :

$$T_{BB} = \frac{3}{115}(3600) = 93.913 \text{ detik}$$

$$T_{CC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.698 \text{ detik}$$

$$T_{DD} = \frac{3}{145}(3600) = 77.483 \text{ detik}$$

Apabila hasil perhitungan interval waktu T_{ij} ditabulasikan kedalam matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ maka akan dihasilkan interval waktu minimum di ambang runway untuk semua keadaan yang disajikan pada matriks Tabel 4.38

Tabel 4.38 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	93.913	117.723	126.297
	C	77.698	77.698	83.058
	D	74.483	74.483	77.483

Dan untuk persentase kombinasi pesawat $[P_{ij}]$ dapat dilihat pada Tabel 4.39. yang merupakan kombinasi matrik bebas kesalahan dengan persentase. Campuran pesawat berdasarkan kategorinya sesuai dengan jenis pesawat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.39 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>			Probability, P_i
		B	C	D	
<i>trailing, V_i</i>	B	93.913	117.723	126.297	0.35
	C	77.698	77.698	83.058	0.25
	D	74.483	74.483	77.483	0.40
Probability, P_i		0.35	0.25	0.40	

$$\begin{aligned}
 E[t_{ij}] &= (93.913 \times 0.35 + 77.698 \times 0.25 + 74.483 \times 0.40)0.35 + \\
 &\quad (117.723 \times 0.35 + 77.698 \times 0.25 + 74.483 \times 0.40)0.25 + \\
 &\quad (126.297 \times 0.35 + 83.058 \times 0.25 + 77.483 \times 0.40)0.40 \\
 &= 89.72 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani hanya kedatangan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28 adalah.

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{89.72} (3600) = 40.12 = 40 \text{ kedatangan}$$

b. Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan mengasumsi pesawat yang sedang mendekati runway memiliki nilai posisi eror (σ_0)

sebesar 20 detik dan berlaku untuk semua jenis pesawat dan aturan pemisahan minimum antar pesawat yang diperbolehkan adalah 5 persen maka didapatkan nilai q_v dari tabel statistik adalah 1.65.

- Keadaan Merapat

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

- Keadaan Merenggang

Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 3\text{mi}$, $V_C = 139 \text{ knot}$ dan $V_D = 145 \text{ knot}$, didapatkan :

$$\begin{aligned} B_{DC} &= 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 29.785 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{DB} &= 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) \\ &= 13.570 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{CB} &= 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) \\ &= 16.785 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Keadaan Sama Besar

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) sama besar dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_i). Didapatkan nilai untuk keadaan ini dari perhitungan sebelumnya adalah 33 detik.

Nilai nilai yang sudah didapatkan tersebut kemudian dimasukan kedalam matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$, yang bisa dilihat pada Tabel 4.40

Tabel 4.40 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	33	16.785	13.570
	C	33	33	29.785
	D	33	33	33

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$ maka akan didapatkan jarak waktu antar kedatangan pesawat sebenarnya di ambang *runway* yaitu penjumlahan matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ dengan hasilnya berupa matriks pada Tabel 4.41

Tabel 4.41 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	126.913	134.508	139.867
	C	110.698	110.698	112.843
	D	107.483	107.483	110.483

Apabila digabungkan dengan matriks persentase kombinasi pesawat $[P_{ij}]$ maka akan menghasilkan matriks kombinasi pada Tabel 4.42

Tabel 4.42 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>			Probability, P_i
		B	C	D	
<i>trailing, V_i</i>	B	126.913	134.508	139.867	0.35
	C	110.698	110.698	112.843	0.25
	D	107.483	107.483	110.483	0.40
Probability, P_i		0.35	0.25	0.40	

Sehingga didapatkan waktu antar kedatangan rata-rata adalah:

$$\begin{aligned}
 E[t_{ij}] &= \sum P_{ij} ([M_{ij}] + [B_{ij}]) \\
 &= (126.913 \times 0.35 + 110.698 \times 0.25 + 107.483 \times 0.40)0.35 + \\
 &\quad (134.508 \times 0.35 + 110.698 \times 0.25 + 107.483 \times 0.40)0.25 + \\
 &\quad (139.867 \times 0.35 + 112.843 \times 0.25 + 110.483 \times 0.40)0.40 \\
 &= 118.26 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Jadi didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja adalah:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{118.26} (3600) = 30.44 = 30 \text{ kedatangan}$$

2. Keberangkatan Saja

Menganggap *runway* hanya melakukan kegiatan keberangkatan pesawat saja, dalam menentukan jarak pisah minimum digunakan nilai 120 detik dengan jenis pesawat yang berfungsi tipe Large (L) dan Small (S) pada Bab 2. Dan untuk persentase campuran pesawat menggunakan persentase sebelumnya pada Tabel 4.37.

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

Jadi kapasitas *runway* untuk melayani hanya keberangkatan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ operasi} = 30 \text{ keberangkatan}$$

3. Operasi Campuran

Setelah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* hanya melayani salah satu jenis operasi yaitu kedatangan saja atau keberangkatan saja maka langkah selanjutnya adalah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* melayani keduanya yaitu kedatangan dan keberangkatan atau menganalisa kapasitas *runway* disaat terjadi keberangkatan diantara dua kedatangan. Kondisi *runway* harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat.

$$E[R_i] = 0.35(82) + 0.25(87.4) + 0.40(84.5) = 84.35 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah :

$$E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] = \left[0.35\left(\frac{2}{115}\right) + 0.25\left(\frac{2}{139}\right) + 0.40\left(\frac{2}{145}\right)\right] 3600 \\ = 54.73 \text{ detik}$$

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

Didapatkan waktu antar kedatangan, yaitu:

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{V_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}]$$

$$E[T_{ij}] > 84.35 + 54.73 + 33 + (1-1)120$$

$$E[T_{ij}] > 172.08 \text{ detik}$$

Waktu kedatangan didapatkan dari perhitungan kedatangan dalam keadaan kesalahan posisi yaitu selama 118.26 detik. Sedangkan waktu untuk melakukan satu kali keberangkatan adalah 120 detik. Sehingga tidak bisa dilakukan keberangkatan diantara dua kedatangan. Dalam setiap keadaan waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali keberangkatan harus lebih besar dari 172 detik sehingga dapat dilakukan kondisi tersebut. Kapasitas *runway* eksisting untuk operasi campuran dapat dihitung, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{172} (3600) = 20.93 = 20 \text{ keberangkatan}$$

4.4.3 Kapasitas *Runway* Tahap Pengembangan Tahun 2025

Pada tahap pengembangan di tahun 2025 diasumsikan terdapat perubahan pada persentase campuran pesawat jika ditahun 2020 pesawat yang beroperasi per harinya adalah 17 pesawat pada tahun 2025 terdapat pertumbuhan jumlah pesawat yang beroperasi, berdasarkan Tabel 4.25 total pergerakan pesawat menjadi 28 pergerakan per hari dan juga asumsi beroperasinya pesawat yang lebih besar dan berhenti beroperasi pesawat-pesawat kecil. Untuk asumsi-asumsi yang digunakan lebih jelasnya disajikan pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Klasifikasi Pesawat Tahap Pengembangan

Pesawat	Takeoff Speed (kn)	Waktu Pemakaian <i>Runway</i> (detik)	Persentase Jenis Pesawat (%)	Kategori
Boeing 747	160	64.5	10	D
Boeing 737 900	149	64.5	10	D
Boeing 737 800	145	64.5	40	D
Boeing 737 500	139	67.4	20	C
A-300	150	64.5	20	D

1. Kedatangan Saja

Menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan mengalami kedatangan saja dengan beberapa keadaan yaitu:

a. Keadaan Bebas Kesalahan

Pesawat yang beroperasi di Bandara Djalaluddin Gorontalo termasuk pada pesawat kelas Heavy

(H) dan Large (L) dengan beban pesawat lebih dari 116 ton (255.000 lbs) sehingga antar pesawat harus terpisah dengan jarak 4 mil dan jalur pintu masuk ke landasan adalah berjarak 8 mil.

○ Keadaan Merapat

Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori D, maka $\delta_{CD} = 4\text{mi}$, $V_C = 139$ knot dan $V_D = 160$ knot, didapatkan :

$$T_{CD} = \frac{4}{160}(3600) = 90 \text{ detik}$$

○ Keadaan Merenggang

Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 4\text{mi}$, $\gamma = 8 \text{ mi}$, $V_C = 139$ knot dan $V_D = 160$ knot, didapatkan :

$$T_{DC} = \frac{4}{160}(3600) + 8\left(\frac{1}{139} - \frac{1}{160}\right)(3600) = 117.19 \text{ detik}$$

○ Keadaan Sama Besar

Untuk pesawat kategori C didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{BB} = 4\text{mi}$, $V_B = 139$ knot dan $V_B = 139$ knot, didapatkan :

$$T_{CC} = \frac{4}{139}(3600) = 103.6 \text{ detik}$$

$$T_{DD} = \frac{4}{160}(3600) = 90 \text{ detik}$$

Apabila hasil perhitungan interval waktu T_{ij} ditabulasikan kedalam matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ maka akan dihasilkan interval waktu minimum di ambang *runway* untuk semua keadaan yang disajikan pada matriks Tabel 4.44

Tabel 4.44 Matriks Bebas Kesalahan [M_{ij}]

		<i>leading, V_i</i>	
		C	D
<i>trailing, V_i</i>	C	103.6	117.19
	D	90	90

Dan untuk prosentase kombinasi pesawat [P_{ij}] dapat dilihat pada Tabel 4.42. yang merupakan kombinasi matriks bebas kesalahan dengan persentase. Campuran pesawat berdasarkan kategorinya sesuai dengan jenis pesawat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>		Probability, P_i
		C	D	
<i>trailing, V_i</i>	C	103.6	117.19	0.2
	D	90	90	0.8
Probability, P_i		0.2	0.8	

$$\begin{aligned}
 E[t_{ij}] &= (103.6 \times 0.2 + 90 \times 0.8)0.2 + \\
 &\quad (117.19 \times 0.2 + 90 \times 0.8)0.8 \\
 &= 94.89 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani hanya kedatangan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28 adalah.

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{94.89} (3600) = 37.94 = 38 \text{ kedatangan}$$

b. Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan mengasumsi pesawat yang sedang mendekati *runway* memiliki nilai posisi eror (σ_0) sebesar 20 detik dan berlaku untuk semua jenis pesawat dan aturan pemisahan minimum antar pesawat yang diperbolehkan adalah 5 persen maka didapatkan nilai q_v dari tabel statistic adalah 1.65.

○ Keadaan Merapat

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

○ Keadaan Merenggang

Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 4\text{mi}$, $V_C = 139 \text{ knot}$ dan $V_D = 160 \text{ knot}$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 B_{DC} &= 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{160} \right) (3600) \\
 &= 22.8 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

- Keadaan Sama Besar
Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) sama besar dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_i). Didapatkan nilai untuk keadaan ini dari perhitungan sebelumnya adalah 33 detik.

Nilai nilai yang sudah didapatkan tersebut kemudian dimasukan kedalam matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$, yang bisa dilihat pada Tabel 4.46

Tabel 4.46 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$

		<i>leading</i> , V_i	
		C	D
<i>trailing</i> , V_i	C	33	22.8
	D	33	33

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$ maka akan didapatkan jarak waktu antar kedatangan pesawat sebenarnya di ambang *runway* yaitu penjumlahan matrik $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ dengan hasilnya berupa matriks pada Tabel 4.47

Tabel 4.47 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>	
		<i>C</i>	<i>D</i>
<i>trailing, V_i</i>	<i>C</i>	136.6	139.99
	<i>D</i>	123	123

Apabila digabungkan dengan matriks persentase kombinasi pesawat $[P_{ij}]$ maka akan menghasilkan matriks kombinasi pada Tabel 4.48

Tabel 4.48 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>		Probability, P_i
		<i>C</i>	<i>D</i>	
<i>trailing, V_i</i>	<i>C</i>	136.6	139.99	0.2
	<i>D</i>	123	123	0.8
Probability, P_i		0.2	0.8	

Sehingga didapatkan waktu antar kedatangan rata-rata adalah:

$$E[t_{ij}] = \sum P_{ij} ([M_{ij}] + [B_{ij}]) = (136.6 \times 0.2 + 123 \times 0.8)0.2 + (139.99 \times 0.2 + 123 \times 0.8)0.8 = 126.26 \text{ detik}$$

Jadi didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja adalah:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{126.26} (3600) = 28.51 = 28 \text{ kedatangan}$$

2. Keberangkatan Saja

Menganggap *runway* hanya melakukan kegiatan keberangkatan pesawat saja, dalam menentukan jarak pisah minimum digunakan nilai 120 detik dengan jenis pesawat yang berfungsi tipe Heavy (H) dan Large (L) pada Bab 2. Dan untuk persentase campuran pesawat menggunakan persentase sebelumnya pada Tabel 4.36.

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

Jadi kapasitas *runway* untuk melayani hanya keberangkatan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ operasi} = 30 \text{ keberangkatan}$$

3. Operasi Campuran

Setelah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* hanya melayani salah satu jenis operasi yaitu kedatangan saja atau keberangkatan saja maka langkah selanjutnya adalah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* melayani keduanya yaitu kedatangan dan keberangkatan atau menganalisa kapasitas *runway* disaat terjadi keberangkatan

diantara dua kedatangan. Kondisi *runway* harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat.

$$E[R_i] = 0.2(67.5) + 0.8(64) = 64.7 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah :

$$E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] = \left[0.2\left(\frac{2}{139}\right) + 0.8\left(\frac{2}{160}\right)\right] 3600 = 46.36 \text{ detik}$$

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

Didapatkan waktu antar kedatangan, yaitu:

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{V_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}]$$

$$E[T_{ij}] > 64.7 + 46.36 + 33 + (1-1)120$$

$$E[T_{ij}] > 144 \text{ detik}$$

Waktu kedatangan didapatkan dari perhitungan kedatangan dalam keadaan kesalahan posisi yaitu selama 126.26 detik. Sedangkan waktu untuk melakukan satu kali keberangkatan adalah 120 detik. Sehingga tidak bisa dilakukan keberangkatan diantara dua kedatangan. Dalam setiap keadaan waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali keberangkatan harus lebih besar dari 144 detik sehingga dapat dilakukan kondisi tersebut. Kapasitas *runway* eksisting untuk operasi campuran dapat dihitung, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{144} (3600) = 25 \text{ operasi} = 25 \text{ keberangkatan}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas runway kondisi eksisting dan rencana didapatkan nilai dari masing-masing kapasitas yaitu data berupa jumlah kedatangan yang dapat dilayani dari hasil tersebut kemudian dapat dievaluasi apakah *runway* yang ada cukup untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas udara yang terjadi dan yang akan terjadi. Untuk menganalisisnya maka diperlukan data berupa kapasitas *runway* dan lalu lintas pesawat. Untuk memudahkan mengevaluasi data-data tersebut disajikan pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 Evaluasi Kapasitas Runway Terhadap Pergerakan

Tahun	Kapasitas Runway (pergerakan)	Pergerakan Pesawat
2015	23	10
2020	20	17
2025	25	28

Dari Tabel 4.49 dapat dilihat bahwa kapasitas *runway* pada tahun 2015 dan 2020 masih sanggup menampung pergerakan pesawat yang beroperasi di Bandara Djalaluddin Gorontalo, tetapi pada tahun 2025 kapasitas yang ada tidak sanggup untuk menampung pesawat yang akan beroperasi di bandara sehingga pada tahun tersebut dibutuhkan peningkatan infrastruktur untuk menanggulangi hal tersebut.

4.5 Menghitung Kapasitas *Apron*

Dalam menghitung kapasitas *apron* perhitungan kapasitas runway juga diperlukan karena kapasitas maksimal *runway* berpengaruh terhadap kapasitas sebuah *apron*. *Apron* bandara

Djalaluddin Gorontalo saat ini memiliki dimensi 230m x 80m yang kemudian akan ditambah luasnya pada tahun-tahun mendatang. Untuk perhitungan kapasitas *apron* ini bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi *apron* saat ini dapat menampung jumlah pesawat yang beroperasi pada tahun ini dan pada tahun berikutnya. Sama seperti penghitungan kapasitas *runway* pada perhitungan kapasitas *apron* juga setiap jenis pesawat akan diklasifikasikan sesuai dengan konfigurasi pesawat pada perhitungan kapasitas *apron* diperlukan data bentang sayap pesawat dan *clearance* yang bisa dilihat pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50 Klasifikasi Pesawat Berdasarkan Bentang Sayap

Kode Huruf	Bentang Sayap (m)	Clearance (m)
A	<15	3
B	15-24	3
C	24-36	4.5
D	36-52	7.5
E	52-60	7.5

(Sumber: Horonjeff dan Mckelvey, 1988)

4.5.1 Kapasitas *Apron* Kondisi Eksisting Tahun 2015

Dalam menghitung kapasitas *apron* pada kondisi eksisting data-data yang diperlukan adalah volume lalu lintas pada tahun 2015 dan juga data *Gate Occupancy Time* setiap jenis pesawat. *Gate Occupancy Time* adalah waktu total yang diperlukan pesawat untuk berada di sebuah *apron* mulai dari menaikan dan menurunkan penumpang dan melakukan bongkar muat bagasi dan kargo. Untuk data penggunaan apron tersebut didapatkan data dari <http://www.flightstats.com> yaitu data dari selisih waktu kedatangan dan waktu keberangkatan setiap jenis pesawat yang beroperasi. Data jam kedatangan dan keberangkatan pesawat yang

beroperasi di bandara Djalaluddin Gorontalo dapat dilihat pada Tabel 4.51.

Tabel 4.51 *Gate Occupancy Time Pesawat*

Maskapai	Pesawat	Waktu Kedatangan	Waktu Keberangkatan	Gate Occupancy Time(j:m:d)
Wings Air	DHC-8 Dash 8	16:10	5:30	10:40:00
Lion Air	DHC-8 Dash 8	16:10	5:30	10:40:00
Lion Air	Boeing 737 800	18:40	6:10	12:30:00
Lion Air	Boeing 737 800	10:35	11:15	0:40:00
Sriwijaya Air	Boeing 737 500	10:50	11:20	0:30:00
Garuda Indonesia	Boeing 737 800	10:50	13:50	3:00:00
Wings Air	ATR 42 / ATR 72	6:40	14:35	7:55:00
Lion Air	ATR 42 / ATR 72	6:40	14:35	7:55:00
Wings Air	ATR 42 / ATR 72	16:10	14:35	1:35:00
Lion Air	ATR 42 / ATR 72	16:10	14:35	1:35:00

Dari Tabel 4.51 didapatkan selisih dari waktu keberangkatan dan kedatangan dari setiap jenis pesawat yang beroperasi di bandara Djalaluddin Gorontalo data tersebut memiliki durasi yang bermacam-macam. Dapat dilihat pada tabel waktu terlama pesawat berada di apron adalah selama 12 jam 30 menit. Waktu selama itu tidak sebenarnya digunakan oleh pesawat untuk melakukan kegiatan seperti menaikan dan menurunkan penumpang atau melakukan kegiatan bongkar muat bagasi dan

kargo ada kemungkinan pesawat tersebut hanya menginap untuk sementara sehingga tidak bisa dianggap sebagai waktu pemakaian di apron. Sebagai pendekatan nilai dari *Gate Occupancy Time* akan diambil durasi paling singkat dari setiap jenis pesawat yang disajikan pada Tabel 4.52.

Tabel 4.52 *Gate Occupancy Time* Rata-rata

Pesawat	<i>Gate Occupancy Time(j:m:d)</i>
Boeing 737 800	0:40:00
Boeing 737 500	0:30:00
ATR 42 / ATR 72	1:35:00
ATR 42 / ATR 72	1:35:00
Rata-rata	1:05:00

Data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan kapasitas apron selain *Gate Occupancy Time* adalah faktor utilitas. Pada bandara Djalaluddin Gorontalo *gate* digunakan bersama-sama untuk pesawat kecil maupun pesawat besar sehingga faktor utilitasnya adalah $(U) = 0.6-0.8$. dan untuk jumlah pesawat campuran pada jam sibuk sesuai perhitungan kapasitas *runway* kondisi eksisting (V) adalah 23 keberangkatan. Sehingga akan didapatkan jumlah *gate* yang diperlukan dengan menggunakan persamaan 4.3.

$$G = \frac{V.T}{U} \quad (4.3)$$

$$G = \frac{23 \times \left(\frac{65}{60 \times 24}\right)}{0.6} = 1.73 \sim 2 \text{ Buah}$$

Konsep parkir pesawat yang diterapkan pada *apron* bandara Djalaluddin Gorontalo adalah menggunakan konsep parkir linier yaitu posisi pesawat sejajar berderet dengan konfigurasi *nose in* yaitu konfigurasi pesawat yang diparkir tegak lurus dengan gedung terminal bandara. pesawat yang akan menjadi acuan dalam merencanakan *apron* adalah tipe pesawat paling besar yang beroperasi saat ini yaitu Boeing 737-800. Untuk Spesifikasi pesawat akan disajikan pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 Spesifikasi Pesawat Terbesar

Pesawat	Bentang Sayap	Panjang Badan
Boeing 737 800	34.3 m	39.2 m

Dari konfigurasi pesawat terbesar yang beroperasi didapatkan panjang bentang sayap adalah sepanjang 34.3 m yang menurut FAA pada Tabel 4.49 masuk pada kategori C dengan Clearance adalah 4.5 m. sehingga bisa didapatkan dimensi dari apron dengan menggunakan persamaan 4.4 dan 4.5.

$$P = G.W + (G - 1).C + 2.P_b \quad (4.4)$$

$$l = P_b + W + C_b + C_w \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} P &= G.W + (G - 1).C + 2.P_b \\ P &= 2 \times 34.3 + (2 - 1) \times 4.5 + 2 \times 39.2 \\ P &= 151.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= P_b + W + C_b + C_w \\ l &= 39.2 + 34.3 + 10 + 15 \\ l &= 98.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan *dimensi* apron adalah 151.5 m x 98.5 m dengan luas apron adalah 14922.75 m².

4.5.2 Kapasitas Apron Tahap Pengembangan Tahun 2020

Dengan menggunakan asumsi yang sama dengan analisa kapasitas *runway* maka pada tahun 2020 tidak terjadi perubahan pada pesawat terbesar yang beroperasi sehingga data-data yang digunakan pada kondisi eksisting masih tetap digunakan, perbedaan terjadi pada kapasitas *runway*. Pada tahun 2020 kapasitas *runway* kondisi campuran (V) adalah 20 pergerakan. Sehingga didapatkan jumlah gate adalah:

$$G = \frac{20 \times \left(\frac{65}{60 \times 24}\right)}{0.6} = 1.5 \sim 2 \text{ Buah}$$

Dengan pesawat terbesar yang beroperasi pada tahun 2020 adalah Boeing 737-800, maka didapatkan dimensi *apron* pada tahun 2020, yaitu:

$$\begin{aligned} P &= G \cdot W + (G - 1) \cdot C + 2 \cdot P_b \\ P &= 2 \times 34.3 + (2 - 1) \times 4.5 + 2 \times 39.2 \\ P &= 151.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= P_b + W + C_b + C_w \\ l &= 39.2 + 34.3 + 10 + 15 \\ l &= 98.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan dimensi *apron* pada tahun 2020 adalah 151.5 m x 98.5 m dengan luas *apron* adalah 14922.75 m².

4.5.3 Kapasitas Apron Tahap Pengembangan Tahun 2025

Untuk perencanaan pada tahun 2025 asumsi yang digunakan adalah beroperasinya jenis pesawat yang berbeda yaitu pesawat Boeing 747 dan Airbus A-300 sehingga jenis pesawat terbesar yang beroperasi menjadi berbeda. Untuk spesifikasi

pesawat yang beroperasi pada tahun 2025 dapat dilihat pada Tabel 4.54

Tabel 4.54 Spesifikasi Pesawat Terbesar

Pesawat	Bentang Sayap	Panjang Badan
Boeing 747	59.6 m	70.7 m
A-300	44.84 m	54.08 m

Dengan berubahnya kondisi pesawat terbesar yang beroperasi di bandara maka terjadi perubahan pada klasifikasi pesawat untuk menentukan *clearance*. Dari Tabel 4.53 pesawat tipe Boeing 747 merupakan tipe pesawat terbesar dengan panjang bentang sayap adalah 59.6 m masuk pada klasifikasi pesawat E dengan *clearance* 7.5 m.

Dengan asumsi *Gate Occupancy Time* masih sama seperti tahun-tahun sebelumnya dan kapasitas *runway* kondisi campuran (V) pada tahun 2025 adalah 28 pergerakan, maka jumlah *gate* adalah:

$$G = \frac{28 \times (\frac{65}{60 \times 24})}{0.6} = 2.03 \sim 2 \text{ Buah}$$

Sehingga dimensi apron dengan kondisi pesawat baru pada tahun 2025, adalah:

$$\begin{aligned} P &= G.W + (G - 1).C + 2.P_b \\ P &= 2 \times 59.6 + (2 - 1) \times 7.5 + 2 \times 70.7 \\ P &= 268.1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= P_b + W + C_b + C_w \\ l &= 70.7 + 59.6 + 10 + 15 \\ l &= 155.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan dimensi apron pada tahun 2025 adalah 268.1 m x 155.3 m dengan luas *apron* adalah 41635.93 m².

Dari perhitungan kapasitas *apron* pada kondisi eksisting dan rencana didapatkan masing-masing kapasitas untuk tiap kondisi. Dari hasil perhitungan tersebut kemudian akan dilakukan evaluasi apakah dimensi apron saat ini bisa menampung jumlah pesawat hingga tahun rencana. Dimensi *apron* bandara Djalaluddin Gorontalo saat ini adalah 230 m x 80 m dengan luas apron 18400 m². Untuk memudahkan dalam melakukan analisa kecukupan maka luas apron disajikan pada Tabel 4.55.

Tabel 4.55 Evaluasi Kapasitas Apron

Tahun	Luas Apron (m²)
2015	14922.75
2020	14922.75
2025	41635.93

Dari Tabel 4.53 diketahui bahwa kapasitas apron yang dibutuhkan pada tahun 2015 dan 2020 lebih kecil dari luas apron yang ada sekarang sehingga apron masih cukup untuk menampung pesawat yang beroperasi di tahun tersebut, tetapi pada tahun 2025 luas apron saat ini sudah tidak cukup lagi untuk menampung pesawat pada tahun tersebut.

4.6 Menghitung Kebutuhan Taxiway

Setelah menganalisa kapasitas runway dan apron terhadap lalu lintas yang terjadi di bandara maka harus dianalisa pula penghubung antara keduanya yaitu adalah taxiway. Perhitungan kapasitas taxiway dimaksudkan agar banyaknya pesawat dari apron menuju taxiway ataupun sebaliknya tidak mengalami gangguan dalam saat melakukan proses tersebut. Dalam melakukan perhitungan kapasitas taxiway dibutuhkan kategori pesawat berdasarkan berat pesawat. Kategori pesawat dibedakan

menurut berat pesawat berdasarkan peraturan dari FAA dapat dilihat pada Tabel 4.56.

Tabel 4.56 Klasifikasi Pesawat Berdasarkan Berat

Aircraft Class	Berat Pesawat (lbs)	Jumlah Mesin	Wake Turbulence Classification
A	<12.500	Single	Small (S)
B		Multi	
C	12.500-300.000	Multi	Large (L)
D	>300.000	Multi	Heavy (H)

(Sumber: FAA)

Pada perhitungan kapasitas taxiway digunakan metode berdasarkan dari index campuran pesawat yang kemudian digunakan grafik dalam menentukan kapasitas dari taxiway. Dari grafik kemudian akan didapatkan kapasitas dari taxiway dan akan dibandingkan dengan kapasitas dari runway.

Untuk menentukan indeks campuran pesawat maka dibutuhkan data berat pesawat yang beroperasi di bandara Djalalaluddin Gorontalo. Data berat pesawat disajikan pada Tabel 4.57.

Tabel 4.57 Berat Pesawat

Jenis Pesawat	Berat Pesawat (lbs)	Aircraft Class
DHC-8 Dash 8	63,250	C
Boeing 737 800	174,300	C
Boeing 737 500	133,500	C
Boeing 737 400	138,500	C
Boeing 737 300	138,500	C
Boeing 737 200	129,500	C
ATR 42 / ATR 72	49,604	C

Tabel 4.57 Lanjutan

Jenis Pesawat	Berat Pesawat (lbs)	Aircraft Class
MD 90	172,500	C
MD 80	172,500	C
Boeing 737 900	174,200	C
Boeing 747	700,000	D
A-300	375,900	D

Berdasarkan pada Tabel 4.57 klasifikasi pesawat yang beroperasi di bandara berada pada klasifikasi pesawat kelas C, perubahan kelas baru akan terjadi di saat tahun 2025 karena diasumsikan pada tahun tersebut terdapat perubahan pada jenis pesawat yang beroperasi. Sehingga untuk menghitung kapasitas taxiway dibagi menjadi dua kondisi yang pertama yaitu pada tahun sekarang tahun 2015 dan rencana tahap satu yaitu pada tahun 2020 dan kedua adalah pada tahun 2025.

Untuk menentukan kapasitas runway maka langkah pertama yaitu menghitung mix index, menggunakan persamaan 4.6.

$$MI = C + 3D \quad (4.6)$$

Untuk kondisi pertama mix index yang akan dihitung adalah menggunakan pesawat kelas C saja sehingga didapatkan mix index, yaitu:

$$MI = C + 3D = 100\% + 3(0) = 100\%$$

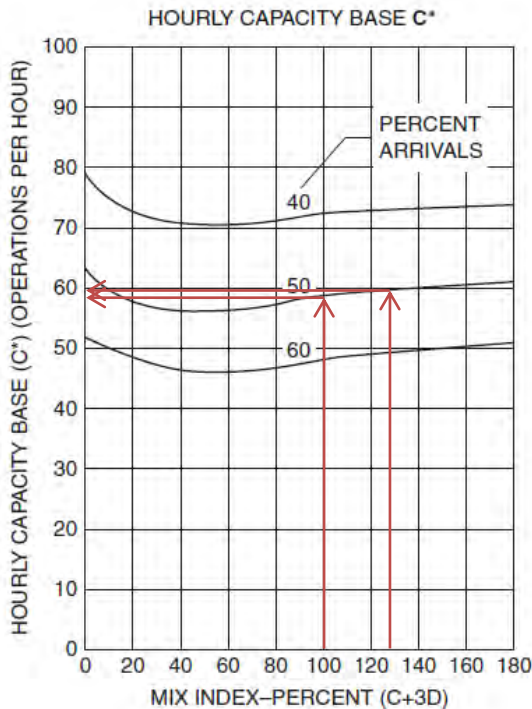
Untuk kondisi kedua terdapat perbedaan jenis pesawat dengan penambahan pesawat kelas D, dengan persentase 2 dari total 12 jenis pesawat yang beroperasi, maka didapatkan persentase pesawat kelas D dan mix index nya, yaitu:

$$D = (2/12) \times 100\% = 16.7\%$$

$$C = 100\% - 16.7\% = 83.3\%$$

$$MI = C + 3D = 83.3\% + 3(16.7) = 133.4\%$$

Untuk mendapatkan kapasitas digunakan grafik dengan asumsi persentase kedatangan sama dengan persentase keberangkatan yaitu 50%. Maka berdasarkan grafik, Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Grafik Kapasitas dan Mix Index

Dari Grafik didapatkan kapasitas untuk dua kondisi yang ternyata tidak mempunyai perbedaan yang signifikan, kapasitas

taxiway adalah 60 operasi per hari. Dari perhitungan kapasitas runway sebelumnya dari 3 kondisi yaitu kondisi saat ini kondisi tahap rencana. Kapasitas taxiway masih mencukupi untuk menampung proses operasional pesawat berdasarkan kapasitas runway sehingga tidak diperlukan penambahan taxiway.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari analisa kapasitas fasilitas udara ini adalah:

1. Jumlah pergerakan pesawat per hari di bandara Djalaluddin Gorontalo adalah 10 pergerakan pada tahun 2015, 17 pergerakan pada tahun 2020, dan 28 pergerakan pada tahun 2025.
2. Kapasitas *runway* pada tahun 2015 adalah 23 pergerakan, dan luasan *apron* adalah 14922.75 m².
3. Kapasitas *runway* pada tahun 2020 adalah 20 pergerakan, dan luasan *apron* adalah 14922.75 m². Sedangkan pada tahun 2025 Kapasitas *runway* adalah 25 pergerakan, dan luasan *apron* adalah 41635 m².
4. Kapasitas *taxiway* berdasarkan analisa perhitungan kapasitas *taxiway* adalah 60 pergerakan sehingga tidak diperlukan tambahan *taxiway*.

5.2 Saran

Dengan melihat hasil analisa mulai dari analisa lalu lintas yang meliputi lalu lintas penumpang, lalu lintas pesawat, dan analisa kapasitas yang meliputi kapasitas *runway*, *apron* dan *taxiway*, maka untuk membuat infrastruktur yang ada di bandara Djalaluddin Gorontalo menjadi lebih baik adalah, sebagai berikut:

1. Diperlukan peningkatan fasilitas dari sisi *runway* yang bisa dilakukan pada tahun-tahun mendatang.

2. Diperlukan peningkatan fasilitas di sisi *apron* yang bisa dilakukan pada tahun-tahun mendatang.
3. Peningkatan kapasitas berdasarkan perhitungan disebabkan karena perubahan jenis pesawat yang beroperasi. Sehingga jika tetap memakai jenis pesawat seperti sekarang fasilitas bandara akan dapat mencukupi.
4. Perubahan jenis pesawat dapat dilakukan tetapi tidak harus dilakukan pada masa-masa mendatang dikarenakan peningkatan penumpang yang akan terjadi masih bisa di tamping dengan jenis pesawat yang ada.

Jadwal Penerbangan didapatkan dari
<http://www.flightstats.com/>

GTO Departures: Mon Apr-20-2015 from All day


Choose Destination
 -- All Airports -- [What is a Codeshare?](#)

Choose Airline
 -- All Airlines --

LEGEND
 ^ CODESHARE FLIGHT ON-TIME
 ~ ESTIMATED TIME DELAYS 15-30 MIN.
 SET FLIGHT ALERT DELAYS 30-45 MIN.
 FLIGHT TRACKER DELAYS 45+ MIN.
 FLIGHT NOTES (DRILLDOWN) CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Departure		Term	Status	Equip	Track
				Sched	Actual				
MDC Manado	TW 1164		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Scheduled	DH8	
MDC Manado	JT* 1164		Lion Air	5:30 AM			Scheduled	DH8	
UPG Ujung Pandang	JT* 891		Lion Air	6:10 AM			Scheduled	738	
UPG Ujung Pandang	JT* 793		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	
CGK Jakarta	SJ 597		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	
UPG Ujung Pandang	GA 643		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	
MDC Manado	IW 1166		Wings Air (Indonesia)	2:35 PM			Scheduled	ATR	
MDC Manado	JT* 1166		Lion Air	2:35 PM			Scheduled	ATR	
MDC Manado	TW 1150		Wings Air (Indonesia)	2:35 PM			Scheduled	ATR	
MDC Manado	JT* 1150		Lion Air	2:35 PM			Scheduled	ATR	

Origin	Airline	Flight	Arrival	Status
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1167	6:40 AM	Scheduled
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1167	6:40 AM	Scheduled
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	792	10:35 AM	Scheduled
(UPG) Ujung Pandang	(SJ) Sriwijaya Air	596	10:50 AM	Scheduled
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	642	1:00 PM	Scheduled
(LUV) Luvuk	(IW) Wings Air (Indonesia)	1150	2:10 PM	Scheduled
(LUV) Luvuk	(JT*) Lion Air	1150	2:10 PM	Scheduled
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1165	4:10 PM	Scheduled
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1165	4:10 PM	Scheduled
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	892	6:40 PM	Scheduled

GTO Departures: Tue Apr-21-2015 from All day

Choose Destination
 -- All Airports -- ☐ Show Codeshares
☐ Hide Codeshares [What is a Codeshare?](#)

Choose Airline
 -- All Airlines --

LEGEND
 ^ CODESHARE FLIGHT ● ON-TIME
 ~ ESTIMATED TIME ▲ DELAYS 15-29 MIN.
 [SET] SET FLIGHT ALERT ▼ DELAYS 30-44 MIN.
 [TRACK] FLIGHT TRACKER ■ DELAYS 45+ MIN.
 [NOTES] FLIGHT NOTES (DRILLDOWN) [X] CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Departure		Term Gate	Status	Equip	Track
				Sched	Actual				
MDC Manado	IW 1164 [D]		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Scheduled	DH8	[D]
MDC Manado	JT* 1164 ^ [D]		Lion Air	5:30 AM			Scheduled	DH8	[D]
UPG Ujung Pandang	JT* 891 [D]		Lion Air	6:10 AM			Scheduled	738	[D]
UPG Ujung Pandang	JT* 793 [D]		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	[D]
CGK Jakarta	SJ 597 [D]		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	[D]
UPG Ujung Pandang	GA 643 [D]		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	[D]

GTO Departures: Wed Apr-22-2015 from All day


Choose Destination
 -- All Airports -- ☐ Show Codeshares
☐ Hide Codeshares [What is a Codeshare?](#)

Choose Airline
 -- All Airlines --

LEGEND
 ^ CODESHARE FLIGHT ● ON-TIME
 ~ ESTIMATED TIME ▲ DELAYS 15-29 MIN.
 [SET] SET FLIGHT ALERT ▼ DELAYS 30-44 MIN.
 [TRACK] FLIGHT TRACKER ■ DELAYS 45+ MIN.
 [NOTES] FLIGHT NOTES (DRILLDOWN) [X] CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Departure		Term Gate	Status	Equip	Track
				Sched	Actual				
MDC Manado	IW 1164 [D]		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Scheduled	DH8	[D]
MDC Manado	JT* 1164 ^ [D]		Lion Air	5:30 AM			Scheduled	DH8	[D]
UPG Ujung Pandang	JT* 891 [D]		Lion Air	6:10 AM			Scheduled	738	[D]
UPG Ujung Pandang	JT* 793 [D]		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	[D]
CGK Jakarta	SJ 597 [D]		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	[D]
UPG Ujung Pandang	GA 643 [D]		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	[D]
MDC Manado	IW 1166 [D]		Wings Air (Indonesia)	2:35 PM			Scheduled	ATR	[D]
MDC Manado	JT* 1166 ^ [D]		Lion Air	2:35 PM			Scheduled	ATR	[D]
MDC Manado	IW 1150 [D]		Wings Air (Indonesia)	2:35 PM			Scheduled	ATR	[D]
MDC Manado	JT* 1150 ^ [D]		Lion Air	2:35 PM			Scheduled	ATR	[D]

Origin	Airline	Flight	Arrival	Status	
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1167	6:40 AM	Unknown	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1167	6:40 AM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	792	10:35 AM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(SJ) Sriwijaya Air	596	10:50 AM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	642	1:00 PM	Unknown	>
(LUW) Luwuk	(IW) Wings Air (Indonesia)	1150	2:10 PM	Unknown	>
(LUW) Luwuk	(JT*) Lion Air	1150	2:10 PM	Unknown	>
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1165	4:10 PM	Unknown	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1165	4:10 PM	Unknown	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	892	6:40 PM	Unknown	>

GTO Departures: Thu Apr-23-2015 from All day

Choose Destination

-- All Airports --

Choose Airline

-- All Airlines --

Show Codeshares

Hide Codeshares

[What is a Codeshare?](#)

Update

LEGEND

^ CODESHARE FLIGHT

~ ESTIMATED TIME

📱 SET FLIGHT ALERT

🔍 FLIGHT TRACKER

📄 FLIGHT NOTES (DRILLDOWN)

🟢 ON-TIME

🟡 DELAYS 15-29 MIN.


🔴 DELAYS 30-44 MIN.

🔴 DELAYS 45+ MIN.

🚫 CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Sched	Actual	Term Gate	Status	Equip	Track
MDC Manado	IW 1164 📄		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Scheduled	DH8	📄
MDC Manado	JT* 1164 ^ 📄		Lion Air	5:30 AM			Scheduled	DH8	📄
UPG Ujung Pandang	JT* 891 📄		Lion Air	6:10 AM			Scheduled	738	📄
UPG Ujung Pandang	JT* 793 📄		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	📄
CGK Jakarta	SJ 597 📄		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	📄
UPG Ujung Pandang	GA 643 📄		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	📄

Origin	Airline	Flight	Arrival	Status	
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	792	10:35 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(SJ) Sriwijaya Air	596	10:50 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	642	1:00 PM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1165	4:10 PM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1165	4:10 PM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	892	6:40 PM	Scheduled	>

GT0 Departures: Fri Apr-24-2015 from All day

Choose Destination

-- All Airports --

Choose Airline

-- All Airlines --

Show Codeshares

Hide Codeshares

[What is a Codeshare?](#)

Update

LEGEND

^ CODESHARE FLIGHT

^ ESTIMATED TIME

SET FLIGHT ALERT

FLIGHT TRACKER

FLIGHT NOTES (DRILLDOWN)

ON-TIME











DELAYS 15-29 MIN.


DELAYS 30-44 MIN.

DELAYS 45+ MIN.

CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Departure Sched	Actual	Term Gate	Status	Equip	Track
MDC Manado	IW 1164		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Scheduled	DH8	
MDC Manado	JT* 1164		Lion Air	5:30 AM			Scheduled	DH8	
UPG Ujung Pandang	JT* 891		Lion Air	6:10 AM			Scheduled	738	
UPG Ujung Pandang	JT* 793		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	
CGK Jakarta	SJ 597		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	
UPG Ujung Pandang	GA 643		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	
MDC Manado	IW 1150		Wings Air (Indonesia)	2:35 PM			Scheduled	ATR	
MDC Manado	JT* 1150		Lion Air	2:35 PM			Scheduled	ATR	
MDC Manado	IW 1166		Wings Air (Indonesia)	2:35 PM			Scheduled	ATR	
MDC Manado	JT* 1166		Lion Air	2:35 PM			Scheduled	ATR	

Origin	Airline	Flight	Arrival	Status	
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1167	6:40 AM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1167	6:40 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	792	10:35 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(SJ) Sriwijaya Air	596	10:50 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	642	1:00 PM	Scheduled	>
(LUW) Luwuk	(IW) Wings Air (Indonesia)	1150	2:10 PM	Scheduled	>
(LUW) Luwuk	(JT*) Lion Air	1150	2:10 PM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1165	4:10 PM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1165	4:10 PM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	892	6:40 PM	Scheduled	>

GTO Departures: Sat Apr-25-2015 from All day

Choose Destination
-- All Airports --













Choose Airline
-- All Airlines --


☒ Show Codeshares
☐ Hide Codeshares
[What is a Codeshare?](#)

LEGEND

- ^ CODESHARE FLIGHT
- ~ ESTIMATED TIME
- 📢 SET FLIGHT ALERT
- 📶 FLIGHT TRACKER
- 📄 FLIGHT NOTES (DRILLDOWN)
- 🟢 ON-TIME
- 🟡 DELAYS 15-29 MIN.
- 🔴 DELAYS 30-44 MIN.
- 🔴 DELAYS 45+ MIN.
- 🚫 CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Departure Sched	Actual	Term Gate	Status	Equip	Track
MDC Manado	IW 1164 		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Scheduled	DH8	
MDC Manado	JT* 1164 		Lion Air	5:30 AM			Scheduled	DH8	
UPG Ujung Pandang	JT* 891 		Lion Air	6:10 AM			Scheduled	738	
UPG Ujung Pandang	JT* 792 		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	
CGK Jakarta	SJ 597 		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	
UPG Ujung Pandang	GA 643 		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	

Destination	Airline	Flight	Departure	Status	
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1164	5:30 AM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1164	5:30 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	891	6:10 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	793	11:15 AM	Scheduled	>
(CGK) Jakarta	(SJ) Sriwijaya Air	597	11:20 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	643	1:50 PM	Scheduled	>

GTO Departures: Sun Apr-26-2015 from All day

Choose Destination

-- All Airports --

Show Codeshares

Hide Codeshares

[What is a Codeshare?](#)

Choose Airline

-- All Airlines --

Update

LEGEND

^ CODESHARE FLIGHT

^ ESTIMATED TIME

📱 SET FLIGHT ALERT

📍 FLIGHT TRACKER

📄 FLIGHT NOTES (DRILLDOWN)

🟢 ON-TIME

🟡 DELAYS 15-29 MIN.

🔴 DELAYS 30-44 MIN.

🔴 DELAYS 45+ MIN.

🔴 CANCELLED

For details, click on Airport Code, Flight Number or On-time Rating

Destination	Flight	On-time Rating	Airline	Departure Sched	Actual	Term Gate	Status	Equip	Track
MDC Manado	IW 1164 📄		Wings Air (Indonesia)	5:30 AM			Unknown	DH8	
MDC Manado	JT* 1164 📄		Lion Air	5:30 AM			Unknown	DH8	
UPG Ujung Pandang	JT* 891 📄		Lion Air	6:10 AM			Unknown	738	
UPG Ujung Pandang	JT* 793 📄		Lion Air	11:15 AM			Scheduled	738	📄
CGK Jakarta	SJ 597 📄		Sriwijaya Air	11:20 AM			Scheduled	735	📄
UPG Ujung Pandang	GA 643 📄		Garuda Indonesia	1:50 PM			Scheduled	738	📄

Destination	Airline	Flight	Departure	Status	
(MDC) Manado	(IW) Wings Air (Indonesia)	1164	5:30 AM	Scheduled	>
(MDC) Manado	(JT*) Lion Air	1164	5:30 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	891	6:10 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	(JT*) Lion Air	793	11:15 AM	Scheduled	>
(CGK) Jakarta	(SJ) Sriwijaya Air	597	11:20 AM	Scheduled	>
(UPG) Ujung Pandang	 Garuda Indonesia	643	1:50 PM	Scheduled	>

Lokasi studi



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Gorontalo pada tanggal 10 Oktober 1992, dengan nama lengkap Okkie Subiakta Tama. Penulis lahir dan besar di Gorontalo dari orang tua yang kedua-duanya merupakan orang Jawa. Menempuh pendidikan mulai tingkat SD hingga SMA, penulis kemudian memberanikan diri untuk merantau ketempat yang berbeda sehingga



diterimalah penulis di Jurusan Teknik Sipil ITS ini. Di Teknik Sipil penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Transportasi (Bandara) walaupun sempat mengalami masa-masa sulit selama mengerjakan tugas akhir ini tetapi akhirnya penulis bisa menyelesaikannya. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui *email* okkie.subiakta@gmail.co.id

Evaluasi Kapasitas *Apron* dan *Runway* Terhadap Proyek Perpanjangan *Runway* Bandara Djalaluddin Gorontalo

Okkie Subiakta Tama, Istiar

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: istiar@yahoo.com

Abstrak— Gorontalo merupakan provinsi yang berkembang cukup pesat. Ini bisa dibuktikan dengan pergerakan orang yang keluar dan masuk di provinsi Gorontalo. Salah satu simpul pergerakan manusia adalah di bandara Djalaluddin Gorontalo. Untuk menampung pergerakan orang, diperlukan peningkatan fasilitas bandara. Beberapa fasilitas bandara yang harus ditingkatkan adalah perpanjangan runway. Pada perpanjangan runway akan terjadi perubahan kapasitas runway.

Studi ini akan menganalisa apakah proyek perpanjangan runway di bandara Djalaluddin dapat mencukupi peningkatan lalu lintas udara yang akan terjadi di masa mendatang. Oleh karena itu diperlukan data lalu lintas bandara saat ini dan dimensi runway dan apron dengan cara permohonan data pada instansi terkait yaitu dinas perhubungan.

Hasil studi ini didapatkan kapasitas runway tahun 2015 adalah 23 dengan pergerakan pesawat 10, pada tahun 2020 kapasitas runway 20 dengan pergerakan pesawat 17, dan pada tahun 2025 kapasitas runway 25 dengan pergerakan 28. Kapasitas taxiway adalah 60 dan masih mampu menampung pergerakan pesawat.

Kata Kunci: Gorontalo-Djalaluddin, Lalu Lintas Udara, Evaluasi Kecukupan.

I. PENDAHULUAN

Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo diambil dari nama pilot TNI-AU kebanggaan Gorontalo merupakan pintu gerbang transportasi udara dari dan ke Provinsi Gorontalo, terletak di kecamatan Tibawa kecamatan Gorontalo. Awal mulanya bandara ini dibangun untuk keperluan transportasi militer, penyatuan daerah-daerah di Indonesia dan mempertahankan wilayah teritorial NKRI yang mulai beroperasi pada tahun 1955 dengan nama pelabuhan udara Tolotio karena terletak di desa Tolotio yang kemudian berganti nama pada tahun 1974. Bandara ini terletak 18 km dari ibukota kabupaten Limboto dan 30 km dari ibukota provinsi Gorontalo yang dapat ditempuh selama 40 sampai 50 menit.

Bandara Djalaluddin sebagai bandara Gorontalo memberikan banyak manfaat untuk Provinsi Gorontalo. Provinsi Gorontalo terletak di bagian utara pulau Sulawesi dan merupakan pecahan dari provinsi Sulawesi utara yang kemudian menjadi provinsi Gorontalo dengan ibukota terletak di kota Gorontalo. Sebagai provinsi baru Gorontalo mengalami proses pembangunan yang cepat mulai dari infrastruktur maupun kondisi masyarakatnya, seperti sekarang ini yang banyak kedatangan investor maupun pendatang dari daerah lain di Indonesia untuk berdagang atau kegiatan bisnis lainnya. Tidak hanya kedatangan,

sebagai provinsi baru Gorontalo mengalami kepergian menuju daerah-daerah lain di Indonesia untuk keperluan bisnis maupun politik. Jalur transportasi yang saat ini ada di Gorontalo adalah melalui darat, laut dan udara, tetapi untuk menuju ke pulau lainnya seperti ke pulau Jawa transportasi yang memungkinkan adalah menggunakan jalur laut dan udara, khususnya untuk urusan bisnis dan politik yang dikejar dengan waktu paling singkat memungkinkan menggunakan jalur udara yang lebih singkat dibandingkan dengan jalur laut sehingga dari tahun ke tahun terdapat peningkatan yang signifikan terhadap transportasi udara yang ada di provinsi ini.

Sebagai peningkatan kualitas, hal yang perlu diperhatikan dari sebuah Bandar udara tidak hanya fasilitas bandara untuk para penumpang tetapi faktor paling penting adalah fasilitas yang disediakan untuk pesawat yang meliputi *apron*, *taxiway*, dan *runway*. Contohnya seperti *apron* yang berfungsi sebagai tempat parkir pesawat dengan ukuran dan dimensi tertentu dan juga memiliki daya tampung tertentu dan *runway* atau landasan pacu pesawat, semakin panjang *runway* akan berakibat pada tipe-tipe pesawat berukuran besar dapat menggunakannya dan berdampak pula pada kapasitas muat penumpang dan barang. Proyek perpanjang *runway* yang sedang terjadi memberikan pengaruh pada proses operasional pesawat. Pekerjaan yang dilakukan pada satu sisi *runway* akan membuat *runway* menjadi lebih pendek dikarenakan adanya zona aman untuk para pekerja proyek dan zona aman untuk pesawat melakukan *takeoff* serta *landing*. Pada awal proses perencanaan panjang *runway* berkaitan dengan jenis pesawat yang mendarat. Tetapi jika terjadi perpendekan *runway* maka akan terjadi perubahan pada kapasitas runway dalam menampung jumlah pesawat yang akan beroperasi yang terus meningkat setiap tahunnya.

Dari latar belakang tersebut, variable yang diperlukan adalah jumlah pesawat yang beroperasi di bandara Djalaludin dan kapasitas *apron*, *runway* dan jenis pesawat yang beroperasi. Jumlah pesawat yang beroperasi meliputi lalu lintas pesawat di bandara dan prediksi hingga beberapa tahun mendatang, *apron* meliputi kapasitasnya dalam menampung pesawat yang parkir dan *runway* meliputi panjang *runway* dan kapasitas *runway*.

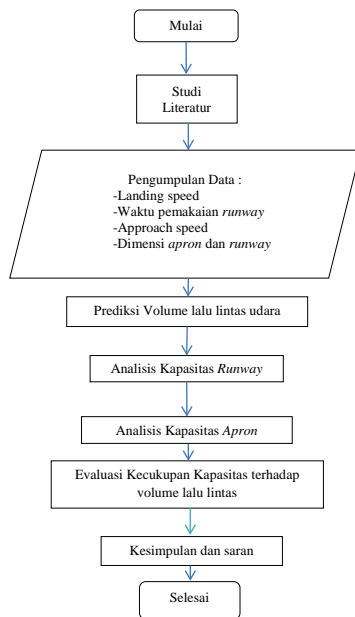
Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan mengenai peningkatan jumlah pesawat yang beroperasi pada *apron* dan *runway* yang sedang diperpanjang setiap tahunnya dan pengaruhnya terhadap kapasitas *apron* dan *runway*, apakah jumlah pesawat yang mengalami peningkatan setiap tahun dengan kondisi *apron* dan *runway* yang ada sekarang masih bisa mencukupi.

Dalam pelaksanaan studi ini dibatasi masalah-masalah untuk memudahkan penyelesaian studi ini, yaitu

1. Tidak menggunakan semua metode perhitungan prediksi lalu lintas pesawat bandara Djalaludin
2. Tidak menentukan konfigurasi exit *taxiway*
3. Tidak menentukan rambu dan marka *runway*
4. Tidak membahas proses perpanjangan *runway*

II. METODE PENELITIAN

Metodologi penulisan Tugas Akhir ini mengikuti bagan alir pada gambar 3.1



Gambar 1. Bagan alir analisis

III. HASIL DAN ANALISIS DATA

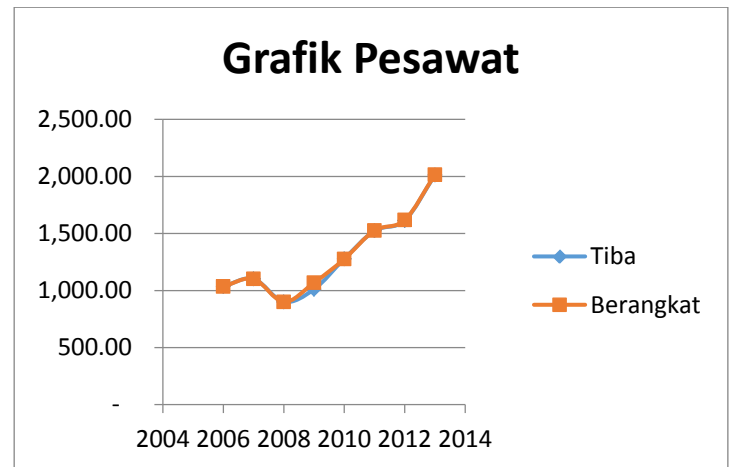
A. Analisis Perkiraan Lalu Lintas Udara

Untuk mengetahui seberapa pesat peningkatan atau penurunan lalu lintas yang terjadi di bandara Djalaluddin Gorontalo, data yang ditunjukkan dalam bentuk tabel seperti sebelumnya tidaklah cukup oleh sebab itu dibutuhkan bentuk data lain yang dapat secara mudah menunjukkan sebuah tren penurunan ataupun peningkatan seperti data dalam bentuk grafik. Tabel 1 dan gambar 2.

Tabel 1 Pertumbuhan Pesawat Bandara Djalaluddin

No.	Tahun	Pesawat	
		Tiba	Berangkat
1	2009	1,011.00	1,069.00
2	2010	1,278.00	1,276.00
3	2011	1,524.00	1,526.00
4	2012	1,614.00	1,618.00
5	2013	2,013.00	2,016.00

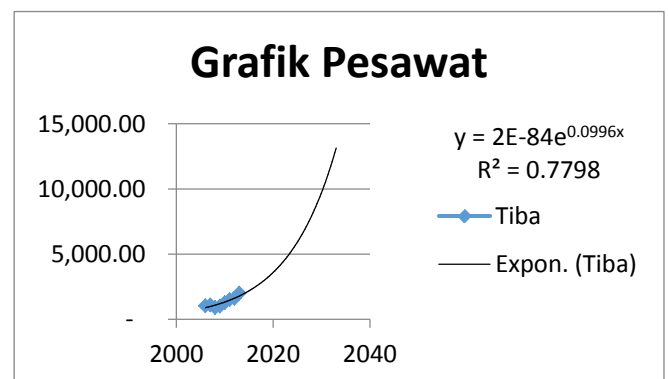
(Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Gorontalo)



Gambar 2. Grafik Pertumbuhan Pesawat

B. Perkiraan Jumlah Lalu lintas

Dalam menentukan perkiraan jumlah maka metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode Ekstrapolasi garis kecenderungan yaitu metode melakukan perkiraan berdasarkan pada pola kecenderungan data yang sudah ada sebelumnya dalam hal ini adalah data grafik dengan melihat pola kecenderungan data tersebut maka akan menghasilkan garis kecenderungan seperti bentuk linear atau eksponensial dan dari garis tersebut akan didapatkan rumusan untuk menghitung jumlah yang diinginkan pada tahun yang diinginkan dalam hal ini sumbu x mewakili tahun dan sumbu y mewakili jumlah.



Gambar 3. Grafik Regresi Eksponensial Kedatangan Pesawat

Dari hasil analisa grafik lalu lintas yang terjadi di bandara Djalaluddin Gorontalo maka didapatkan garis kecenderungan atau regresi terhadap grafik dan menghasilkan suatu rumus yang dapat menentukan jumlah lalu lintas yang akan terjadi di tahun-tahun berikutnya untuk data penumpang jenis transit sudah tidak dimasukan lagi dikarenakan fungsi dari bandara Djalaluddin itu sendiri yang memang sudah tidak mengalami keadaan penumpang yang transit. Untuk lebih mudah maka hasil analisa grafik disajikan dalam bentuk tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Rumus Regresi Grafik

No	Jenis Lalu Lintas	Tipe	Rumus
1	Pesawat	Tiba	$y = 2E-84e^{0.0996x} \approx Y = 2x10^{-84}e^{0.0996X}$
		Berangkat	$y = 2E-84e^{0.0994x} \approx Y = 2x10^{-84}e^{0.0994X}$
2	Penumpang	Datang	$y = 6E-127e^{0.1505x} \approx Y = 6x10^{-127}e^{0.1505X}$
		Berangkat	$y = 2E-124e^{0.1475x} \approx Y = 2x10^{-124}e^{0.1475X}$
3	Bagasi	Bongkar	$y = 6E-54e^{0.0682x} \approx Y = 6x10^{-54}e^{0.0682X}$
		Muat	$y = 12578.54x^2 - 50442716.6x + 50573921563.44$
4	Kargo	Bongkar	$y = 2E-105e^{0.127x} \approx Y = 2x10^{-105}e^{0.127X}$
		Muat	$y = 1E+29e^{-0.027x} \approx Y = 1x10^{29}e^{-0.027X}$
5	Pos	Bongkar	$y = 8E+225e^{0.255x} \approx Y = 8x10^{225}e^{0.255X}$
		Muat	$y = -941.81x + 1,904,661.74$

Dari rumus-rumus yang telah didapatkan sebelumnya dari hasil regresi maka dapat ditentukan nilai y yaitu jumlah lalu lintas yang terjadi pada tahun x . peramalan yang dilakukan adalah peramalan dengan jangka waktu hingga 10 tahun mendatang yaitu hingga tahun 2025. Dengan hasil disajikan dalam bentuk tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Jumlah Pesawat

No.	Tahun	Pesawat	
		Tiba	Berangkat
1	2010	1,278.00	1,276.00
2	2011	1,524.00	1,526.00
3	2012	1,614.00	1,618.00
4	2013	2,013.00	2,016.00
5	2014	1,975.23	1,750.40
6	2015	2,181.79	1,933.33
7	2020	3,587.46	3,177.97
8	2025	5,898.77	5,223.90

C. Metode Shift Share

Metode shift share adalah metode peramalan dengan mempertimbangkan kondisi pasar daerah yang akan dilakukan peramalan, dalam hal ini peramalan yang dilakukan di daerah Gorontalo adalah peramalan keinginan masyarakat Gorontalo dalam melakukan perjalanan menggunakan pesawat terbang dengan mempertimbangkan jumlah penduduk Gorontalo dan PDRB provinsi Gorontalo.

Dari hasil regresi didapatkan nilai jumlah penduduk dan PDRB provinsi Gorontalo pada tahun rencana yaitu tahun 2025 kemudian dilakukan regresi berganda terhadap jumlah penumpang pesawat terbang tabel 4.

Tabel 4 Jumlah Penumpang Metode Shift Share

No	Tahun	PDRB	Jumlah Penduduk	Jumlah Penumpang	
		X1	X2	Datang	Berangkat
4	2013	Rp3,313,515.00	1,097,990.00	214,609.00	218,602.00
5	2014	Rp3,617,656.00	1,105,459.98	224,755.58	230,361.95
6	2015	Rp3,923,623.20	1,123,739.00	247,578.36	254,281.14
7	2020	Rp5,453,459.20	1,219,769.03	365,780.25	378,118.96
8	2025	Rp6,983,295.20	1,324,005.38	491,220.12	509,467.22

D. Konversi Lalu lintas di Bandara

Metode yang digunakan dalam melakukan konversi adalah dengan melihat konfigurasi pesawat yang beroperasi di bandara Djalaluddin Gorontalo mulai dari kapasitas penumpang hingga kapasitas bagasi dan kargo kemudian jumlah yang ada disesuaikan dengan berapa jumlah pesawat yang harus beroperasi agar dapat menampung jumlah tersebut dan akan didapatkan jumlah pesawat.

Jenis pesawat yang beroperasi meliputi setiap jenis pesawat yang sudah tidak beroperasi, masih beroperasi dan diperkirakan akan beroperasi kedepannya. Tabel 5

Tabel 5 Rekapitulasi Lalu lintas Pesawat

No.	Tahun	Metode Regresi		Konversi Jumlah Penumpang		Konversi Jumlah Bagasi dan Kargo	
		Tiba	Berangkat	Tiba	Berangkat	Tiba	Berangkat
1	2015	2,182	1,933	1,406	1,448	864	580
2	2020	3,587	3,178	1,641	1,672	1,417	815
3	2025	5,899	5,224	1,992	1,578	2,375	1,146

E. Analisa Pergerakan Pesawat dan Penumpang Pada Jam Sibuk

Untuk menghitung pergerakan pesawat dan penumpang dibutuhkan data pergerakan lalu lintas yang terjadi setiap bulannya yang kemudian akan didapatkan rasio untuk menghitung pergerakan yang terjadi di jam sibuk. Data pergerakan didapatkan dari pihak Dinas Perhubungan Kota Gorontalo dengan periode data selama 4 tahun dari tahun 2010 sampai 2013. Data yang ditampilkan pada Tabel 4.21 merupakan data pergerakan pesawat pada tahun 2013 atau data paling baru dari pihak Dinas perhubungan.

a. Pergerakan Pesawat tahun 2015 adalah :

- Menghitung pergerakan per bulan

$$N_{\text{month}} = R_{\text{month}} \times N_{\text{year}} \\ = 0.099 \times (2182+1933) \\ = 407 \text{ pergerakan}$$

- Menghitung Pergerakan per hari

$$R_{\text{day}} = N_{\text{day}} / N_{\text{month}} \\ R_{\text{day}} = 10/407 = 0.025$$

b. Pergerakan Penumpang tahun 2015 adalah :

- Menghitung penumpang per bulan

$$N_{\text{month}} = R_{\text{month}} \times N_{\text{year}} \\ = 0.1 \times (302.838+239.210) \\ = 54.205 \text{ Penumpang}$$

- Menghitung penumpang per hari

Dengan asumsi banyaknya hari dalam sebulan adalah rata-rata 30.5 hari maka didapatkan rasio hari sibuk adalah $1/30.5 = 0.033$. sehingga didapatkan total penumpang perhari adalah

$$N_{\text{day}} = R_{\text{day}} \times N_{\text{month}} \\ = 0.033 \times 54.205 \\ = 1789 \text{ Penumpang}$$

Dari perhitungan didapatkan ratio pergerakan pesawat untuk masing-masing kondisi yaitu :

1. R_{month} = Peak Month Ratio = 0.099
2. R_{day} = Peak Day Ratio = 0.025

Dari perhitungan didapatkan jumlah penumpang untuk masing-masing kondisi yaitu :

1. N_{month} = Total per bulan = 54.205 Penumpang
2. N_{day} = Total per hari = 1789 Penumpang

Dari rasio tersebut selanjutnya akan digunakan dalam menghitung pergerakan pada tahun rencana yaitu pada tahun 2015, 2020 dan tahun 2025. Yang selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6 Pergerakan Pesawat Tahun Rencana

Tahun	Pergerakan Pesawat		
	Tahun	Bulan	Hari
2015	4,115	407	10
2020	6,765	670	17
2025	11,123	1,101	28

Tabel 7 Pergerakan Penumpang Tahun Rencana

Tahun	Pergerakan Penumpang		
	Tahun	Bulan	Hari
2015	542,047	54,205	1,789
2020	1,142,829	114,283	3,771
2025	2,409,622	240,962	7,952

F. Menghitung Kapasitas Runway

Kapasitas Runway Kondisi Eksisting Tahun 2015

Dalam menghitung kapasitas *runway* dibutuhkan data berupa spesifikasi pesawat yang kemudian dikelompokkan menjadi beberapa kategori pesawat berdasarkan *approach speed* atau kecepatan pendekatan.

Untuk jenis pesawat yang beroperasi dilihat pada hari paling sibuk di bandara yaitu pada hari senin, rabu, dan jumat adalah penerbangan paling banyak sehingga diambil kondisi jadwal operasi pesawat pada hari-hari tersebut. Untuk jadwal keberangkatan serta kedatangan dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9

Tabel 8 Jadwal Keberangkatan Pesawat

Tujuan	Maskapai	Pesawat	Waktu Keberangkatan
Manado	Wings Air	DHC-8 Dash 8	5:30
Manado	Lion Air	DHC-8 Dash 8	5:30
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	6:10
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	11:15
Jakarta	Sriwijaya Air	Boeing 737 500	11:20
Ujung Pandang	Garuda Indonesia	Boeing 737 800	13:50
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:35

		72	
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:35

(Sumber: <http://www.flightstats.com>)

Tabel 9 Jadwal Kedatangan Pesawat

Asal	Maskapai	Pesawat	Waktu Kedatangan
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	6:40
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	6:40
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	10:35
Ujung Pandang	Sriwijaya Air	Boeing 737 500	10:50
Ujung Pandang	Garuda Indonesia	Boeing 737 800	13:00
Luwuk	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:10
Luwuk	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:10
Manado	Wings Air	DHC-8 Dash 8	16:10
Manado	Lion Air	DHC-8 Dash 8	16:10
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	18:40

(Sumber: <http://www.flightstats.com>)

Dari jadwal tersebut terdapat beberapa jenis pesawat yang selanjutnya dalam melakukan perhitungan kapasitas *runway* diperlukan data berupa *takeoff speed* dan *landing*. Untuk nilai masing-masing tipe pesawat bisa dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 10 Klasifikasi Terhadap Kecepatan Pesawat

Pesawat	Takeoff Speed (kn)	Landing Speed (kn)	Approach Speed (kn)	Kategori
DHC-8 Dash 8	110	110	160	B
Boeing 737 800	145	140	210	D
Boeing 737 500	139	128	210	C
ATR 42 / ATR 72	115	114	160	B

1. Kedatangan Saja

Dalam melakukan perhitungan kapasitas *runway* terdapat beberapa tahapan dalam melakukan perhitungan yang pertama adalah menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan mengalami kedatangan saja dengan beberapa keadaan yaitu:

a. Keadaan Bebas Kesalahan

Berdasarkan aturan yang dikeluarkan oleh FAA mengenai aturan pemisahan jarak pesawat yang ada pada BAB 2 pesawat yang beroperasi di Bandara

Djalaluddin Gorontalo termasuk pada pesawat kelas Large (L) dan Small (S) dengan beban pesawat dibawah dari 116 ton (255.000 lbs) sehingga antar pesawat harus terpisah dengan jarak 3 mil dan jalur pintu masuk ke landasan adalah berjarak 8 mil.

o Keadaan Merapat

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada pesawat yang di belakang (*trailing*, V_j).

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

- o Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori D, maka $\delta_{CD} = 3\text{mi}$, $V_C = 139\text{ knot}$ dan $V_D = 145\text{ knot}$, didapatkan :

$$T_{CD} = \frac{3}{145}(3600) = 74.483\text{ detik}$$

$$T_{BC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.698\text{ detik}$$

$$T_{BD} = \frac{3}{145}(3600) = 74.483\text{ detik}$$

o Keadaan Merenggang

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) lebih cepat dibanding kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_j).

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

- o Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 3\text{mi}$, $\gamma = 8\text{ mi}$, $V_C = 139\text{ knot}$ dan $V_D = 145\text{ knot}$, didapatkan :

$$T_{DC} = \frac{3}{145}(3600) + 8 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 83.058\text{ detik}$$

$$T_{DB} = \frac{3}{145}(3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 126.297\text{ detik}$$

$$T_{CB} = \frac{3}{139}(3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) = 117.723\text{ detik}$$

o Keadaan Sama Besar

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading*, V_i) sama besar dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing*, V_j).

- o Untuk pesawat kategori B didepan pesawat kategori B, maka $\delta_{BB} = 3\text{mi}$, $V_B = 115\text{ knot}$ dan $V_B = 115\text{ knot}$, didapatkan :

$$T_{BB} = \frac{3}{115}(3600) = 93.913\text{ detik}$$

$$T_{CC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.698\text{ detik}$$

$$T_{DD} = \frac{3}{145}(3600) = 74.483\text{ detik}$$

Apabila hasil perhitungan interval waktu T_{ij} ditabulasikan kedalam matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ maka akan dihasilkan interval waktu minimum di ambang runway untuk semua keadaan yang disajikan pada matriks Tabel 11.

Tabel 11 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		<i>leading</i> , V_i		
		B	C	D
<i>trailing</i> , V_j	B	93.913	117.723	126.297
	C	77.698	77.698	83.058
	D	74.483	74.483	77.483

Tabel 12 Matriks Kombinasi

		<i>leading</i> , V_i			Probability, P_i
		B	C	D	
<i>trailing</i> , V_j	B	93.913	117.723	126.297	0.6
	C	77.698	77.698	83.058	0.1
	D	74.483	74.483	77.483	0.3
Probability, P_j		0.6	0.1	0.3	

$$E[t_{ij}] = (93.913 \times 0.6 + 77.698 \times 0.1 + 74.483 \times 0.3)0.6 + (117.723 \times 0.6 + 77.698 \times 0.1 + 74.483 \times 0.3)0.1 + (126.297 \times 0.6 + 83.058 \times 0.1 + 77.483 \times 0.3)0.3 = 94.151\text{ detik}$$

Sehingga didapatkan kapasitas runway untuk melayani hanya kedatangan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28 adalah.

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{94.151}(3600) = 38.2\text{ operasi} = 38\text{ kedatangan}$$

b. Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan mengasumsi pesawat yang sedang mendekati runway memiliki nilai posisi error (σ_0) sebesar 20 detik dan berlaku untuk semua jenis pesawat dan aturan

pemisahan minimum antar pesawat yang diperbolehkan adalah 5 persen maka didapatkan nilai q_v dari tabel statistik adalah 1.65.

o Keadaan Merapat

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading, V_i*) lebih lambat daripada pesawat yang di belakang (*trailing, V_j*).

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

o Keadaan Merenggang

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading, V_i*) lebih cepat dibanding kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing, V_j*).

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

- o Untuk pesawat kategori D didepan pesawat kategori C, maka $\delta_{DC} = 3\text{mi}$, $V_C = 139 \text{ knot}$ dan $V_D = 145 \text{ knot}$, didapatkan :

$$B_{DC} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 29.785 \text{ detik}$$

$$B_{DB} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 13.570 \text{ detik}$$

$$B_{CB} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) = 16.785 \text{ detik}$$

o Keadaan Sama Besar

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat yang berada di depan (*leading, V_i*) sama besar dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (*trailing, V_j*). Didapatkan nilai untuk keadaan ini dari perhitungan sebelumnya adalah 33 detik.

Nilai nilai yang sudah didapatkan tersebut kemudian dimasukan kedalam matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$, yang bisa dilihat pada Tabel 13

Tabel 13 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_j</i>	B	33	16.785	13.570
	C	33	33	29.785

	D	33	33	33
--	---	----	----	----

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan matriks kesalahan posisi $[B_{ij}]$ maka akan didapatkan jarak waktu antar kedatangan pesawat sebenarnya di ambang *runway* yaitu penjumlahan matrik $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ dengan hasilnya berupa matriks pada Tabel 14

Tabel 14 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_j</i>	B	126.913	134.508	139.867
	C	110.698	110.698	112.843
	D	107.483	107.483	110.483

Apabila digabungkan dengan matriks persentase kombinasi pesawat $[P_{ij}]$ maka akan menghasilkan matriks kombinasi pada Tabel 15

Tabel 15 Matriks Kombinasi

		<i>leading, V_i</i>			Probabilit y, P _i
		B	C	D	
<i>trailing, V_j</i>	B	126.91 3	134.50 8	139.86 7	0.6
	C	110.69 8	110.69 8	112.84 3	0.1
	D	107.48 3	107.48 3	110.48 3	0.3
Probability , P _i		0.6	0.1	0.3	

Sehingga didapatkan waktu antar kedatangan rata-rata adalah:

$$\begin{aligned} E[t_{ij}] &= \sum P_{ij} ([M_{ij}] + [B_{ij}]) \\ &= (126.913 \times 0.6 + 110.698 \times 0.1 + 107.483 \times 0.3)0.6 + \\ &\quad (134.508 \times 0.6 + 110.698 \times 0.1 + 107.483 \times 0.3)0.1 + \\ &\quad (139.867 \times 0.6 + 112.843 \times 0.1 + 110.483 \times 0.3)0.3 \\ &= 156.925 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja adalah:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{156.925} (3600) = 22.94 = 23 \text{ kedatangan}$$

2. Keberangkatan Saja

Langkah berikutnya dalam melakukan analisa kapasitas *runway* adalah menganggap *runway* hanya melakukan kegiatan keberangkatan pesawat saja dalam menentukan jarak pisah minimum digunakan nilai 120 detik dengan jenis pesawat yang berfungsi tipe Large (L) dan Small (S) pada Bab 2. Dan untuk persentase campuran pesawat menggunakan persentase sebelumnya. Untuk menghitung lama waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway* menggunakan Persamaan 4.1

$$E[T_{td}] = \sum [p_{ij}][t_d] \quad (4.1)$$

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

Jadi kapasitas *runway* untuk melayani hanya keberangkatan saja didapatkan dengan menggunakan rumus 2.28, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ operasi} = 30 \text{ keberangkatan}$$

3. Operasi Campuran

Setelah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* hanya melayani salah satu jenis operasi yaitu kedatangan saja atau keberangkatan saja maka langkah selanjutnya adalah menganalisa kapasitas *runway* dengan menganggap *runway* melayani keduanya yaitu kedatangan dan keberangkatan atau menganalisa kapasitas *runway* disaat terjadi keberangkatan diantara dua kedatangan. Kondisi *runway* harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat.

Waktu pemakaian *runway* rata rata $E[R_i]$, merupakan jumlah perkalian persentase campuran pesawat dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori. Untuk waktu pemakaian *runway* digunakan data dari Tugas Akhir sebelumnya yang dapat di lihat pada Tabel 4.36.

Tabel 16 Waktu Pemakaian Runway

Kategori Pesawat	Waktu Pemakaian Runway (detik)
B	62
C	67.4
D	64.5

(Sumber: Zadly, 2010)

$$E[R_i] = 0.6(62) + 0.1(67.4) + 0.3(64.5) = 63.29 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah :

$$E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] = \left[0.6\left(\frac{2}{115}\right) + 0.1\left(\frac{2}{139}\right) + 0.3\left(\frac{2}{145}\right)\right] 3600 \\ = 57.642 \text{ detik}$$

$$E[T_{td}] = 120 \text{ detik}$$

$$B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$$

Dari berbagai persamaan diatas maka dapat dihasilkan persamaan untuk menghitung waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan (Persamaan 4.2) dengan penambahan faktor kesalahan, yaitu:

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{V_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}] \quad (4.2)$$

Dari persamaan 4.2 Maka didapatkan waktu antar kedatangan, yaitu:

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{V_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}]$$

$$E[T_{ij}] > 63.29 + 57.642 + 33 + (1-1)120$$

$$E[T_{ij}] > 153.932 \text{ detik}$$

Waktu kedatangan didapatkan dari perhitungan kedatangan dalam keadaan kesalahan posisi yaitu selama 156.925 detik. Sedangkan waktu untuk melakukan satu kali keberangkatan adalah 120 detik. Sehingga terdapat selisih waktu antara keduanya yang dapat dilakukan untuk melakukan keberangkatan diantara dua kedatangan. Dalam setiap keadaan waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali keberangkatan harus lebih besar dari 153.932 detik sehingga dapat dilakukan kondisi tersebut. Kapasitas *runway* eksisting untuk operasi campuran dapat dihitung, yaitu:

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{153.932} (3600) = 23.39 = 23$$

Dari hasil perhitungan kapasitas *runway* kondisi eksisting dan rencana didapatkan nilai dari masing-masing kapasitas yaitu data berupa jumlah kedatangan yang dapat dilayani dari hasil tersebut kemudian dapat dievaluasi apakah *runway* yang ada cukup untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas udara yang terjadi dan yang akan terjadi. Untuk menganalisisnya maka diperlukan data berupa kapasitas *runway* dan lalu lintas pesawat. Untuk memudahkan mengevaluasi data-data tersebut disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17 Evaluasi Kapasitas Runway Terhadap Pergerakan

Tahun	Kapasitas Runway (pergerakan)	Pergerakan Pesawat
2015	23	10
2020	20	17
2025	25	28

G Menghitung Kapasitas Apron

Tabel 18 Spesifikasi Pesawat Terbesar

Pesawat	Bentang Sayap	Panjang Badan
Boeing 737 800	34.3 m	39.2 m

Dari konfigurasi pesawat terbesar yang beroperasi didapatkan panjang bentang sayap adalah sepanjang 34.3 m yang menurut FAA pada Tabel 4.49 masuk pada kategori C dengan Clearance adalah 4.5 m. sehingga bisa didapatkan dimensi dari apron.

$$P = G.W + (G-1).C + 2.P_b \\ P = 2 \times 34.3 + (2-1) \times 4.5 + 2 \times 39.2 \\ P = 151.5 \text{ m}$$

$$l = P_b + W + C_b + C_w \\ l = 39.2 + 34.3 + 10 + 15 \\ l = 98.5 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan *dimensi* apron adalah 151.5 m x 98.5 m dengan luas apron adalah 14922.75 m².

Tabel 19 Evaluasi Kapasitas Apron

Tahun	Luas Apron (m ²)
2015	14922.75
2020	14922.75
2025	41635.93

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari analisa kapasitas fasilitas udara ini adalah:

- a. Pada tahun saat ini yaitu tahun 2015 didapatkan hasil analisa lalu lintas maupun kapasitas per hari di bandara Djalaluddin Gorontalo, sebagai berikut:

1. Jumlah Pergerakan Pesawat = 10
2. Kapasitas *Runway* = 23
3. Luas *Apron* = 14922.75
4. Kapasitas *Taxiway* = 60

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa jumlah pergerakan pesawat lebih kecil dari kapasitas *runway* sehingga *runway* yang ada masih memenuhi untuk melakukan proses operasional pesawat pada tahun 2015, luas *apron* pada tahun 2015 juga masih memenuhi dikarenakan luasan sebenarnya yaitu sebesar 18400 m² masih lebih besar dibandingkan dengan luasan *apron* berdasarkan perhitungan.

- b. Pada tahun rencana yaitu tahun 2020 didapatkan hasil analisa lalu lintas maupun kapasitas per hari di bandara Djalaluddin Gorontalo, sebagai berikut:

1. Jumlah Pergerakan Pesawat = 17
2. Kapasitas *Runway* = 20
3. Luas *Apron* = 14922.75
4. Kapasitas *Taxiway* = 60

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa jumlah pergerakan pesawat lebih kecil dari kapasitas *runway* sehingga *runway* yang ada masih memenuhi untuk melakukan proses operasional pesawat pada tahun 2020, luas *apron* pada tahun 2020 juga masih memenuhi.

- c. Pada tahun saat ini yaitu tahun 2025 didapatkan hasil analisa lalu lintas maupun kapasitas per hari di bandara Djalaluddin Gorontalo, sebagai berikut:

1. Jumlah Pergerakan Pesawat = 28
2. Kapasitas *Runway* = 25
3. Luas *Apron* = 41635.93
4. Kapasitas *Taxiway* = 60

Dari hasil tersebut terdapat perbedaan jika dibandingkan kondisi pada tahun sebelumnya, dapat dilihat

bahwa pergerakan pesawat lebih besar dengan kapasitas *runway* sehingga *runway* yang ada sudah tidak bisa menampung pesawat yang beroperasi pada tahun tersebut, begitu pula dengan kondisi *apron* nya, dari hasil perhitungan luasan *apron* pada tahun 2025 lebih besar dengan luasan *apron* yang ada sehingga kondisi *apron* juga sudah tidak bisa menampung pesawat pada tahun 2015.

Untuk kondisi *taxiway*, berdasarkan hasil analisa *taxiway* yang ada saat ini masih mampu untuk menampung pergerakan pesawat saat ini maupun yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashford, Norman J., Saleh, A. Mumayiz., Paul H. Wright., 2011, Airport Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Federal Aviation Association (FAA)., 2010, Airport Capacity and Delay. United States : Federal Aviation Association (FAA).
- [3] Horonjeff, Robert., Francis X. McKelvey., William J. Sproule., Seth B. Young., 2010, Planning and Design of Airports. New York: McGraw Hill.
- [4] International Civil Aviation Organization (ICAO)., 2006, Manual on Air Traffic Forecasting. International Civil Aviation Organization (ICAO).
- [5] Pangnguriseng, Zady Andi., 2011, Penentuan Jumlah Exit Taxiway Berdasarkan Variasi Jenis Pesawat Dan Kerapatan Jadwal Penerbangan Pada Bandara Internasional Djuanda. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP.

TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS APRON DAN
RUNWAY TERHADAP RENCANA
PERPANJANGAN RUNWAY BANDARA
DJALALUDDIN GORONTALO

OKKIE SUBIAKTA TAMA
3110100098

LATAR BELAKANG

- Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo terletak di kecamatan Tibawa kecamatan Gorontalo, awalnya bernama pelabuhan udara Tolotio karena terletak di desa Tolotio, terletak 18 km dari ibukota kabupaten Limboto.
- Bandara Djalaluddin setiap harinya terjadi keberangkatan dan kedatangan pesawat terbang, setiap harinya melayani 6 kali penerbangan.
- Bandara Djalaluddin Gorontalo mengalami peningkatan lalu lintas yang signifikan setiap tahunnya setiap tahunnya.
- Pada tahun ini bandara Djalaluddin sedang melakukan proyek perpanjang *runway*, *apron* dan pembuatan terminal baru. Dengan adanya pelaksanaan proyek itu akan berdampak pada kegiatan di bandara, dan kapasitas pada runway dan apron.

RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana lalu lintas pesawat bandara Djalaluddin sekarang dan pertumbuhannya hingga 5 tahun dan 10 tahun mendatang?
2. Bagaimana kapasitas pesawat *runway* dan *apron* bandara Djalaludin?
3. Bagaimana kapasitas pesawat *runway* dan *apron* bandara Djalaludin 5 tahun dan 10 tahun mendatang?
4. Berapakah kebutuhan jumlah *taxiway* sampai 10 tahun mendatang?

TUJUAN

1. Menghitung lalu lintas pesawat bandara Djalaludin serta pertumbuhannya hingga 5 tahun dan 10 tahun mendatang.
2. Menghitung kapasitas *runway* dan *apron* bandara Djalaludin saat ini.
3. Menghitung kapasitas *runway* dan *apron* bandara Djalaludin 5 tahun dan 10 tahun mendatang.
4. Menghitung kebutuhan jumlah *taxiway* sampai 10 tahun mendatang

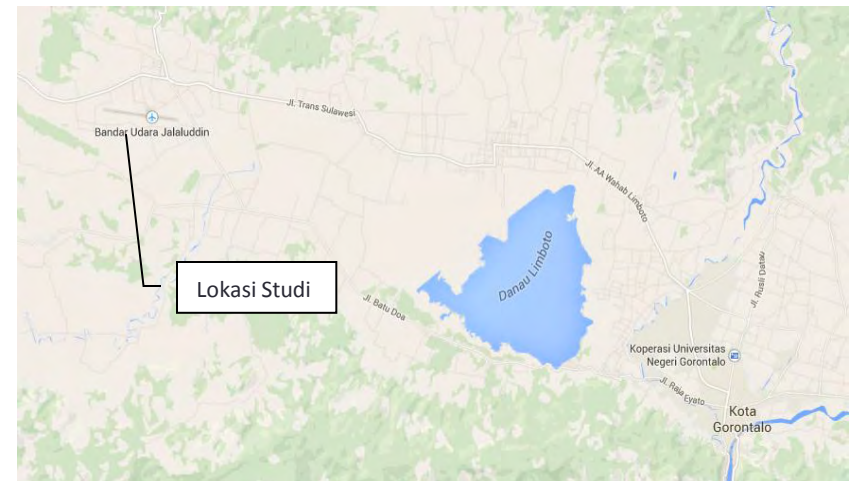
BATASAN MASALAH

1. Tidak menggunakan semua metode perhitungan prediksi lalu lintas pesawat bandara Djalaludin
2. Tidak menentukan konfigurasi exit *taxiway*
3. Tidak menentukan rambu dan marka *runway*
4. Tidak membahas proses perpanjangan *runway*

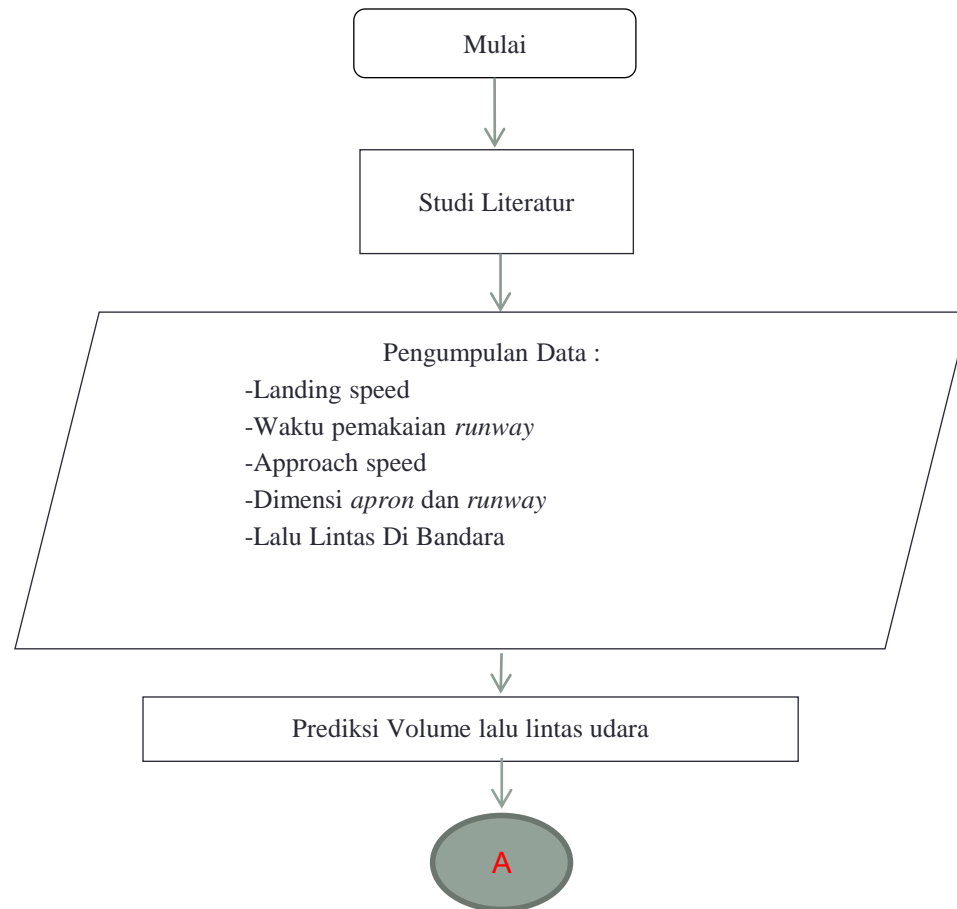
MANFAAT

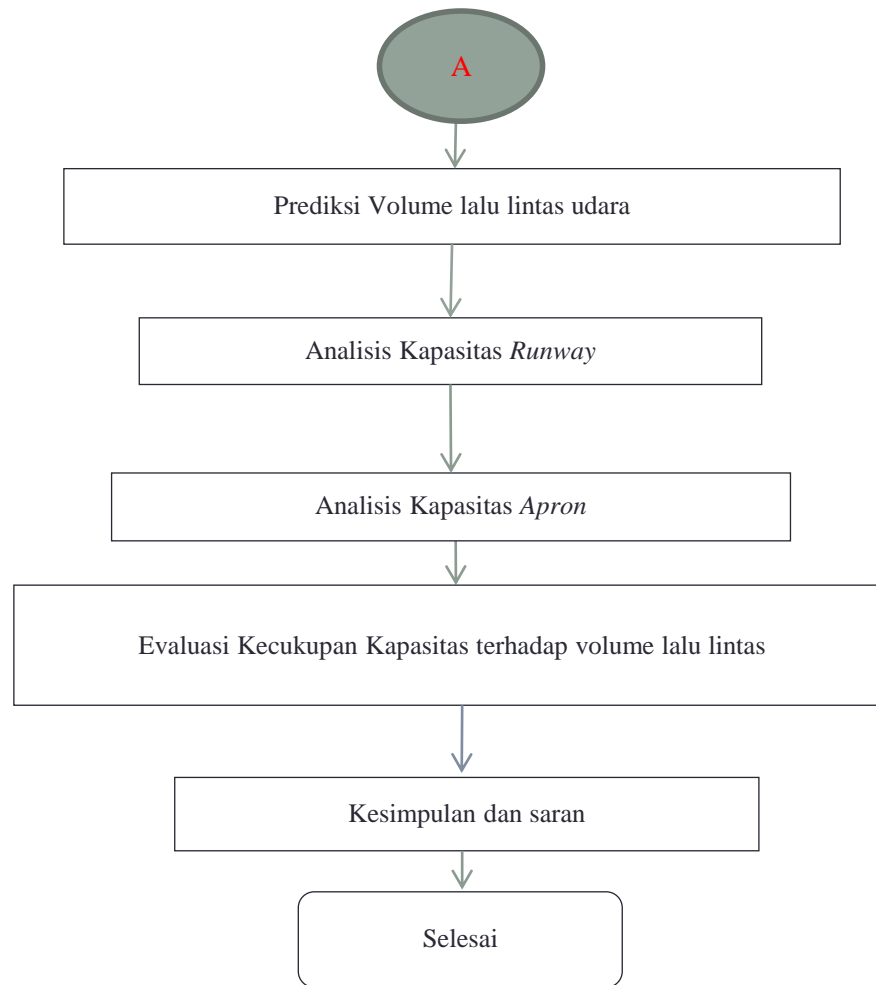
1. Memberikan gambaran bagaimana seharusnya menentukan kapasitas *runway* yang benar dan bagaimana hubungannya dengan jenis pesawat yang menggunakannya.
2. Dapat menjadi referensi untuk rencana penambahan *apron* kedepannya
3. Dapat menjadi referensi untuk rencana perbaikan infrastruktur bandara.

LOKASI STUDI



METODOLOGI





KONDISI EKSISTING

- Informasi Umum

- Nama bandar udara : Djalaluddin
- Milik/pengelola : Direktorat Jenderal Perhubungan Udara
- Lokasi bandar udara : Gorontalo
- Arah dan jarak dari kota : 32 Km dari Pusat Kota
- Elevasi/referensi temperature : 18 ft / 32⁰ c
- Jenis traffic yang diizinkan : Max Boeing 737 900 ER dan MD90
- Jam operasi : Senin 08.00 – Jum'at 16.00

- Fasilitas Pokok Bandar Udara

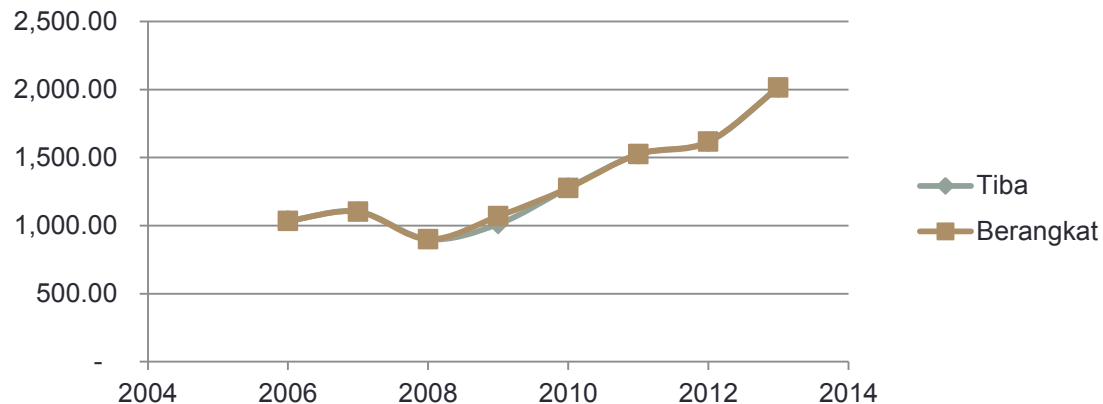
- Fasilitas Sisi Udara

- Runway : 2500 m x 45 m
- Taxiway : 107.5 m x 23 m x 2
- Apron : 230 m x 80 m
- Strip : 3050 m x 150 m
- RESA : 90 m x 60 m x 2
- Shoulder : ada, rumput
- Marka : ada

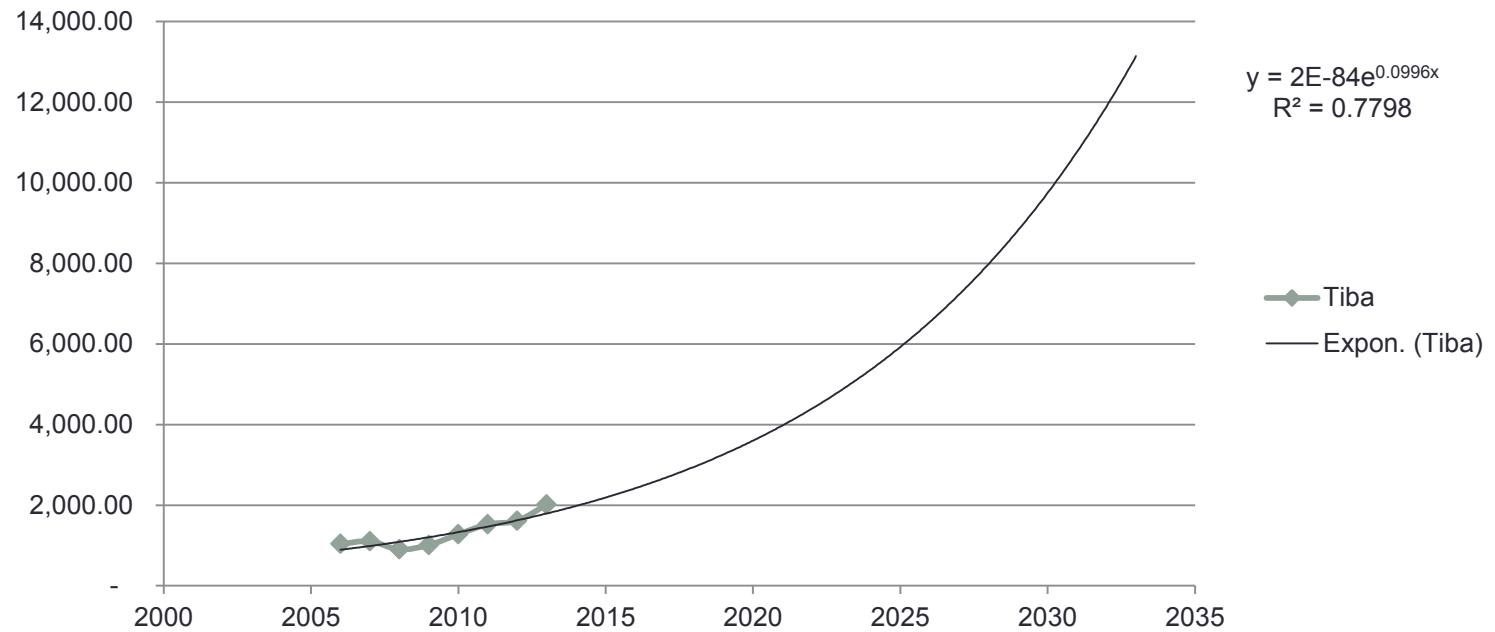
ANALISA PERKIRAAN LALU LINTAS

No.	Tahun	Pesawat	
		Tiba	Berangkat
1	2006	1,036.00	1,035.00
2	2007	1,103.00	1,102.00
3	2008	901.00	900.00
4	2009	1,011.00	1,069.00
5	2010	1,278.00	1,276.00
6	2011	1,524.00	1,526.00
7	2012	1,614.00	1,618.00
8	2013	2,013.00	2,016.00

Grafik Pesawat



Grafik Regresi Pesawat



Rekapitulasi Regresi Grafik

No	Jenis Lalu Lintas	Tipe	Rumus
1	Pesawat	Tiba	$y = 2E-84e^{0.0996x} \approx Y = 2x10^{-84}e^{0.0996X}$
		Berangkat	$y = 2E-84e^{0.0994x} \approx Y = 2x10^{-84}e^{0.0994X}$
2	Penumpang	Datang	$y = 6E-127e^{0.1505x} \approx Y = 6x10^{-127}e^{0.1505X}$
		Berangkat	$y = 2E-124e^{0.1475x} \approx Y = 2x10^{-124}e^{0.1475X}$
3	Bagasi	Bongkar	$y = 6E-54e^{0.0682x} \approx Y = 6x10^{-54}e^{0.0682X}$
		Muat	$y = 12578.54x^2 - 50442716.6x + 50573921563,44$
4	Kargo	Bongkar	$y = 2E-105e^{0.127x} \approx Y = 2x10^{-105}e^{0.127X}$
		Muat	$y = 1E+29e^{-0.027x} \approx Y = 1x10^{29}e^{-0.027X}$
5	Pos	Bongkar	$y = 8E+225e^{-0.255x} \approx Y = 8x10^{225}e^{-0.255X}$
		Muat	$y = -941.81x + 1,904,661.74$

Rekapitulasi Lalu Lintas pesawat

No.	Tahun	Pesawat	
		Tiba	Berangkat
1	2010	1,278.00	1,276.00
2	2011	1,524.00	1,526.00
3	2012	1,614.00	1,618.00
4	2013	2,013.00	2,016.00
5	2014	1,975.23	1,750.40
6	2015	2,181.79	1,933.33
7	2020	3,587.46	3,177.97
8	2025	5,898.77	5,223.90

Metode *Shift Share*

- Metode *shift share* adalah metode peramalan dengan mempertimbangkan kondisi pasar daerah yang akan dilakukan peramalan.

No.	Tahun	PDRB	Jumlah Penduduk	Jumlah Penumpang	
		X1	X2	Datang	Berangkat
1	2010	Rp2,404,521.00	1,035,269.00	135,489.00	137,188.00
2	2011	Rp2,691,561.00	1,062,561.00	168,397.00	170,691.00
3	2012	Rp3,005,171.00	1,080,287.00	183,906.00	189,351.00

No.	Tahun	Metode Regresi		Konversi Jumlah Penumpang		Konversi Jumlah Bagasi dan Kargo	
		Tiba	Berangkat	Tiba	Berangkat	Tiba	Berangkat
1	2015	2,182	1,933	1,406	1,448	864	580
2	2020	3,587	3,178	1,641	1,672	1,417	815
3	2025	5,899	5,224	1,992	1,578	2,375	1,146

Analisa Pergerakan Pesawat Jam Sibuk

Hari	Pergerakan
Senin	10
Selasa	6
Rabu	10
Kamis	6
Jumat	10
Sabtu	6
Minggu	6
Total	54

Pergerakan Pesawat tahun 2015 adalah :

Menghitung pergerakan per bulan

$$\begin{aligned}
 N_{\text{month}} &= R_{\text{month}} \times N_{\text{year}} \\
 &= 0.099 \times (2182+1933) \\
 &= 407 \text{ pergerakan}
 \end{aligned}$$

Menghitung Pergerakan per hari

$$R_{\text{day}} = N_{\text{day}} / N_{\text{month}}$$

Dimana

:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{day}} &= \text{Peak Day Ratio (Rasio Hari Sibuk)} \\
 N_{\text{day}} &= \text{Total pergerakan per hari} \\
 N_{\text{month}} &= \text{Total pergerakan per bulan}
 \end{aligned}$$

= Peak Day Ratio (Rasio Hari Sibuk)

= Total pergerakan per hari

= Total pergerakan per bulan

$$R_{\text{day}} = 10/407 = 0.025$$

Tahun	Pergerakan Pesawat		
	Tahun	Bulan	Hari
2015	4,115	407	10
2020	6,765	670	17
2025	11,123	1,101	28

Menghitung kapasitas Runway

Kategori	Approach Speed (kn)
A	<91 Knots
B	91 - 120
C	121 - 140
D	141 - 166
E	>166

Tujuan	Maskapai	Pesawat	Waktu Keberangkatan
Manado	Wings Air	DHC-8 Dash 8	5:30
Manado	Lion Air	DHC-8 Dash 8	5:30
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	6:10
Ujung Pandang	Lion Air	Boeing 737 800	11:15
Jakarta	Sriwijaya Air	Boeing 737 500	11:20
Ujung Pandang	Garuda Indonesia	Boeing 737 800	13:50
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Wings Air	ATR 42 / ATR 72	14:35
Manado	Lion Air	ATR 42 / ATR 72	14:35

Pesawat	<i>Takeoff Speed</i> (kn)	<i>Landing Speed</i> (kn)	Approach Speed (kn)	Kategori
DHC-8 Dash 8	110	110	160	B
Boeing 737 800	145	140	210	D
Boeing 737 500	139	128	210	C
ATR 42 / ATR 72	115	114	160	B

- Kedatangan Saja

- a. Keadaan Bebas Kesalahan

Keadaan Merapat

- Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat daripada pesawat yang di belakang (*trailing*, V_j).

$$T_{CD} = \frac{3}{145} (3600) = 74.483 \text{ detik}$$

$$T_{BC} = \frac{3}{139} (3600) = 77.698 \text{ detik}$$

$$T_{BD} = \frac{3}{145} (3600) = 74.483 \text{ detik}$$

Keadaan Merenggang

$$T_{DC} = \frac{3}{145} (3600) + 8 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 83.058 \text{ detik}$$

$$T_{DB} = \frac{3}{145} (3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 126.297 \text{ detik}$$

$$T_{CB} = \frac{3}{139} (3600) + 8 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) = 117.723 \text{ detik}$$

Keadaan Sama Besar

$$T_{BB} = \frac{3}{115} (3600) = 93.913 \text{ detik}$$

$$T_{CC} = \frac{3}{139} (3600) = 77.698 \text{ detik}$$

$$T_{DD} = \frac{3}{145} (3600) = 74.483 \text{ detik}$$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	93.913	117.723	126.297
	C	77.698	77.698	83.058
	D	74.483	74.483	77.483

		<i>leading, V_i</i>			Probability, P _i
		B	C	D	
<i>trailing, V_i</i>	B	93.913	117.723	126.297	0.6
	C	77.698	77.698	83.058	0.1
	D	74.483	74.483	77.483	0.3
Probability, P _i		0.6	0.1	0.3	

$$\begin{aligned}
 E[t_{ij}] &= (93.913 \times 0.6 + 77.698 \times 0.1 + 74.483 \times 0.3)0.6 + \\
 &\quad (117.723 \times 0.6 + 77.698 \times 0.1 + 74.483 \times 0.3)0.1 + \\
 &\quad (126.297 \times 0.6 + 83.058 \times 0.1 + 77.483 \times 0.3)0.3 \\
 &= 94.151 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{94.151} (3600) = 38.2$$

b.Keadaan Kesalahan Posisi

Keadaan Merapat

- $B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$

Keadaan Merenggang

- $B_{DC} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{139} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 29.785 \text{ detik}$

- $B_{DB} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{145} \right) (3600) = 13.570 \text{ detik}$

- $B_{CB} = 20(1.65) - 3 \left(\frac{1}{115} - \frac{1}{139} \right) (3600) = 16.785 \text{ detik}$

Keadaan Sama Besar

- $B_{ij} = B_{BD} = B_{BC} = B_{CD} = 20(1.65) = 33 \text{ detik}$

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	33	16.785	13.570
	C	33	33	29.785
	D	33	33	33

		<i>leading, V_i</i>		
		B	C	D
<i>trailing, V_i</i>	B	126.913	134.508	139.867
	C	110.698	110.698	112.843
	D	107.483	107.483	110.483

		<i>leading, V_i</i>			Probability, P _i
		B	C	D	
<i>trailing, V_i</i>	B	126.913	134.508	139.867	0.6
	C	110.698	110.698	112.843	0.1
	D	107.483	107.483	110.483	0.3
Probability, P _i		0.6	0.1	0.3	

$$E[t_{ij}] = \sum P_{ij} ([M_{ij}] + [B_{ij}]) =$$

$$\begin{aligned}
 & (126.913 \times 0.6 + 110.698 \times 0.1 + 107.483 \times 0.3)0.6 + \\
 & (134.508 \times 0.6 + 110.698 \times 0.1 + 107.483 \times 0.3)0.1 + \\
 & (139.867 \times 0.6 + 112.843 \times 0.1 + 110.483 \times 0.3)0.3
 \end{aligned}$$

$$= 156.925 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \mu &= \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{156.925} (3600) \\
 &= 22.94 = 23 \text{ kedatangan}
 \end{aligned}$$

- Keberangkatan Saja

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ operasi} = 30 \text{ keberangkatan}$$

- Operasi Campuran

$$E[T_{ij}] > E[R_i] + E\left[\frac{\delta_{ij}}{V_j}\right] + E[B_{ij}] + (n-1)E[T_{td}]$$

$$E[T_{ij}] > 63.29 + 57.642 + 33 + (1-1)120$$

$$E[T_{ij}] > 153.932 \text{ detik}$$

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} = \frac{1}{153.932} (3600) = 23.39 = 23 \text{ keberangkatan}$$

Rekapitulasi Kapasitas Runway

Tahun	Kapasitas Runway (pergerakan)	Pergerakan Pesawat
2015	23	10
2020	20	17
2025	25	28

Menghitung Kapasitas Apron

Kode Huruf	Bentang Sayap (m)	Clearance (m)
A	<15	3
B	15-24	3
C	24-36	4.5
D	36-52	7.5
E	52-60	7.5

Pesawat	Gate Occupancy Time(j:m:d)
Boeing 737 800	0:40:00
Boeing 737 500	0:30:00
ATR 42 / ATR 72	1:35:00
ATR 42 / ATR 72	1:35:00
Rata-rata	1:05:00

Pesawat	Bentang Sayap	Panjang Badan
Boeing 737 800	34.3 m	39.2 m

$$P = G.W + (G - 1).C + 2.P_b$$

$$P = 2 \times 34.3 + (2 - 1) \times 4.5 + 2 \times 39.2$$

$$P = 151.5 \text{ m}$$

$$l = P_b + W + C_b + C_w$$

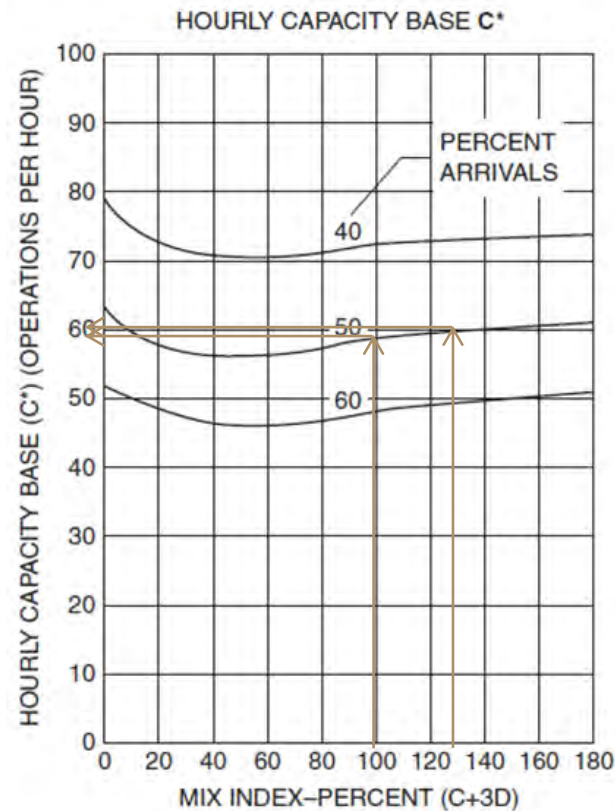
$$l = 39.2 + 34.3 + 10 + 15$$

$$l = 98.5 \text{ m}$$

Rekapitulasi Kapasitas Apron

Tahun	Luas Apron (m ²)
2015	14922.75
2020	14922.75
2025	41635.93

Menghitung Kebutuhan Taxiway



Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari analisa kapasitas fasilitas udara ini adalah:

Pada tahun saat ini yaitu tahun 2015 didapatkan hasil analisa lalu lintas maupun kapasitas per hari di bandara Djalaluddin Gorontalo, sebagai berikut:

- Jumlah Pergerakan Pesawat = 10
- Kapasitas *Runway* = 23
- Luas *Apron* = 14922.75
- Kapasitas *Taxiway* = 60

TERIMA KASIH